Règlement des radiocommunications

Recommandations UIT-R incorporées par référence

Edition de 2012



4

Règlement des radiocommunications

Recommandations UIT-R incorporées par référence

Edition de 2012

ITU



Note du Secrétariat

Cette révision du Règlement des radiocommunications, qui complète les dispositions de la Constitution et de la Convention de l'Union internationale des télécommunications, incorpore les décisions des Conférences mondiales des radiocommunications de 1995 (CMR-95), de 1997 (CMR-97), de 2000 (CMR-2000), de 2003 (CMR-03), de 2007 (CMR-07) et 2012 (CMR-12). La majorité des dispositions de ces Règlements entreront en vigueur à partir du 1er janvier 2013; les autres dispositions entreront en vigueur à compter des dates d'entrée en vigueur spéciales indiquées dans l'Article **59** du Règlement des radiocommunications révisé.

Lorsqu'il a établi l'édition de 2012 du Règlement des radiocommunications, le Secrétariat a corrigé les fautes typographiques qui avaient été signalées à l'attention de la CMR-12 et dont celle-ci avait reconnu l'existence.

La présente édition du Règlement des radiocommunications utilise le même système de numérotation que dans l'édition de 2001 du Règlement des radiocommunications, notamment:

En ce qui concerne les *numéros des Articles*, la présente édition suit la numérotation séquentielle usuelle. Les numéros des Articles ne sont suivis d'aucune mention particulière (telle que «(CMR-97)», «(CMR-2000)», «(CMR-03)», «(CMR-07)» ou «(CMR-12)»). En conséquence, toute référence à un Article, dans l'une quelconque des dispositions du présent Règlement des radiocommunications (par exemple, le numéro **13.1** de l'Article **13**), dans les textes des Appendices tels qu'ils figurent dans le Volume 2 de la présente édition (par exemple, le § 1 de l'Appendice **2**), dans les textes des Résolutions publiées dans le Volume 3 de la présente édition (par exemple, la Résolution **1 (Rév.CMR-97)**), et dans les textes des Recommandations publiées dans le Volume 3 de la présente édition (par exemple, la Recommandation **8**), est considérée, sauf indication contraire, comme renvoyant au texte de l'Article en question figurant dans la présente édition.

En ce qui concerne les *numéros des dispositions des Articles*, la présente édition continue d'utiliser une numérotation mixte indiquant le numéro de l'Article et le numéro de la disposition de cet Article (ainsi, numéro 9.2B signifie numéro 2B de l'Article **9**). La mention «(CMR-12)», «(CMR-07)», «(CMR-03)», «(CMR-2000)» ou «(CMR-97)» placée à la fin d'une telle disposition signifie que la disposition en question a été modifiée ou ajoutée par la CMR-12, par la CMR-07, par la CMR-03, par la CMR-2000 ou par la CMR-97, selon le cas. L'absence d'une telle mention à la fin de la disposition signifie que celle-ci est identique à la disposition du Règlement des radiocommunications simplifié tel qu'il avait été approuvé par la CMR-95, et dont le texte était intégralement reproduit dans le Document 2 de la CMR-97.

En ce qui concerne *les numéros des Appendices*, la présente édition suit la numérotation séquentielle usuelle, avec adjonction, le cas échéant, de la mention correspondante («(CMR-97)», «(CMR-2000)», «(CMR-03)», «(CMR-07)» ou «(CMR-12)», par exemple). En règle générale, toute référence à un Appendice, dans l'une quelconque des dispositions du présent Règlement des radiocommunications, dans les textes des Appendices tels qu'ils figurent dans le Volume 2 de la présente édition, dans les textes des Résolutions et des Recommandations publiées dans le Volume 3 de la présente édition, est présentée de la manière habituelle (par exemple, «Appendice **30 (Rév.CMR-12)**») sauf si elle n'est pas explicitée dans le texte (par exemple Appendice **4**, tel que modifié par la CMR-12). Dans les textes des Appendices qui ont été partiellement modifiés par la CMR-12, les dispositions qui ont été modifiées par cette conférence sont suivies de la mention «(CMR-12)». Si, dans les textes publiés dans la présente édition, le numéro d'un Appendice cité en référence n'est suivi d'aucune mention (comme par

exemple dans le numéro **13.1**) ni d'une autre explication, on considère que cette référence renvoie au texte de l'Appendice concerné qui figure dans la présente édition.

Dans les textes du Règlement des radiocommunications, le symbole, ↑, a été utilisé pour représenter des quantités associées avec une liaison montante. De façon similaire, le symbole, ↓, a été utilisé pour représenter des quantités associées avec une liaison descendante.

Le nom des conférences administratives mondiales des radiocommunications et des conférences mondiales des radiocommunications est généralement abrégé comme indiqué ci-après:

Abréviation	Conférence
CAMR Mar	Conférence administrative mondiale des radiocommunications chargée de traiter des questions concernant le service mobile maritime (Genève, 1967)
CAMR-71	Conférence administrative mondiale des télécommunications spatiales (Genève, 1971)
CAMRM-74	Conférence administrative mondiale des radiocommunications maritimes (Genève, 1974)
CAMR SAT-77	Conférence administrative mondiale des radiocommunications pour la radiodiffusion par satellite (Genève, 1977)
CAMR-Aer2	Conférence administrative mondiale des radiocommunications du service mobile aéronautique (R) (Genève, 1978)
CAMR-79	Conférence administrative mondiale des radiocommunications (Genève, 1979)
CAMR Mob-83	Conférence administrative mondiale des radiocommunications pour les services mobiles (Genève, 1983)
CAMR HFBC-84	Conférence administrative mondiale des radiocommunications pour la planification des bandes d'ondes décamétriques attribuées au service de radiodiffusion (Genève, 1984)
CAMR Orb-85	Conférence administrative mondiale des radiocommunications sur l'utilisation de l'orbite des satellites géostationnaires et la planification des services spatiaux utilisant cette orbite (première session – Genève, 1985)
CAMR HFBC-87	Conférence administrative mondiale des radiocommunications pour la planification des bandes d'ondes décamétriques attribuées au service de radiodiffusion (Genève, 1987)
CAMR Mob-87	Conférence administrative mondiale des radiocommunications pour les services mobiles (Genève, 1987)
CAMR Orb-88	Conférence administrative mondiale des radiocommunications sur l'utilisation de l'orbite des satellites géostationnaires et la planification des services spatiaux utilisant cette orbite (seconde session – Genève, 1988)
CAMR-92	Conférence administrative mondiale des radiocommunications chargée d'étudier les attributions de fréquences dans certaines parties du spectre (Malaga-Torremolinos, 1992)
CMR-95	Conférence mondiale des radiocommunications (Genève, 1995)
CMR-97	Conférence mondiale des radiocommunications (Genève, 1997)
CMR-2000	Conférence mondiale des radiocommunications (Istanbul, 2000)
CMR-03	Conférence mondiale des radiocommunications (Genève, 2003)
CMR-07	Conférence mondiale des radiocommunications (Genève, 2007)
CMR-12	Conférence mondiale des radiocommunications (Genève, 2012)
CMR-15	Conférence mondiale des radiocommunications, 2015[1]

1 La date de cette conférence n'est pas définitive.

VOLUME 4

Recommandations UIT-R incorporées par référence*

TABLE DES MATIÈRES

		Page
Rec. UIT-R TF.460-6	Emissions de fréquences étalon et de signaux horaires	1
Rec. UIT-R M.476-5	Equipements télégraphiques à impression directe dans le service mobile maritime	7
Rec. UIT-R M.489-2	Caractéristiques techniques des appareils radiotéléphoniques utilisés par le service mobile maritime fonctionnant en ondes métriques avec un espacement de 25 kHz entre voies adjacentes..	19
Rec. UIT-R M.492-6	Procédures d'exploitation des équipements télégraphiques à impression directe dans le service mobile maritime	21
Rec. UIT-R P.525-2	Calcul de la propagation en espace libre	31
Rec. UIT-R P.526-11	Propagation par diffraction	35
Rec. UIT-R M.541-9	Procédures d'exploitation des systèmes d'appel sélectif numérique à l'usage du service mobile maritime...	75
Rec. UIT-R M.585-6	Assignations et utilisation des identités dans le service mobile maritime (*Voir l'Annexe 1*)..	113
Rec. UIT-R M.625-3	Equipements télégraphiques à impression directe utilisant l'identification automatique dans le service mobile maritime	123
Rec. UIT-R M.633-4	Caractéristiques de transmission d'un système de radiobalises de localisation des sinistres par satellite (RLS par satellite) fonctionnant par l'intermédiaire d'un système à satellites dans la bande des 406 MHz	183
Rec. UIT-R S.672-4	Diagramme de rayonnement à utiliser comme objectif de conception pour les antennes de satellite dans le service fixe par satellite employant des satellites géostationnaires..	185
Rec. UIT-R M.690-1	Caractéristiques techniques des radiobalises de localisation des sinistres (RLS) fonctionnant sur les fréquences porteuses 121,5 MHz et 243 MHz.............................	211
Rec. UIT-R P.838-3	Modèle d'affaiblissement linéique dû à la pluie destiné aux méthodes de prévision	213
Rec. UIT-R M.1084-4	Solutions intérimaires pour améliorer l'efficacité d'utilisation de la bande 156-174 MHz par les stations du service mobile maritime (*Voir les Tableaux 1 et 3 de l'Annexe 4*)..	221
Rec. UIT-R SM.1138-2	Détermination des largeurs de bande nécessaires, exemples de calcul de la largeur de bande nécessaire et exemples connexes de désignation des émissions	233

* Dans certaines de ces Recommandations, qui ont été adoptées avant le 1er janvier 2001, le préfixe «S» devant les références au RR est maintenu jusqu'à ce que la Recommandation concernée soit modifiée conformément aux procédures normalisées.

Page

Rec. UIT-R SA.1154	Dispositions propres à assurer la protection des services de recherche spatiale (SRS), d'exploitation spatiale (SES) et d'exploration de la Terre par satellite (SETS) et à faciliter le partage avec le service mobile dans les bandes 2 025-2 110 MHz et 2 200-2 290 MHz...	241
Rec. UIT-R M.1171	Procédures radiotéléphoniques dans le service mobile maritime................................	271
Rec. UIT-R M.1172	Abréviations et signaux divers à employer dans les radiocommunications du service mobile maritime..	281
Rec. UIT-R M.1173	Caractéristiques techniques des émetteurs à bande latérale unique utilisés dans le service mobile maritime pour la radiotéléphonie dans les bandes comprises entre 1 606,5 kHz (1 605 kHz Région 2) et 4 000 kHz et entre 4 000 kHz et 27 500 kHz....	315
Rec. UIT-R M.1174-2	Caractéristiques techniques des appareils utilisés sur les navires pour les communications de bord dans les bandes comprises entre 450 et 470 MHz	317
Rec. UIT-R M.1187-1	Méthode de calcul de la région pouvant être affectée dans le cas d'un réseau du service mobile par satellite utilisant des orbites circulaires dans la bande 1-3 GHz.....	319
Rec. UIT-R S.1256	Méthodologie permettant de calculer le niveau total maximal de la puissance surfacique produite sur l'orbite des satellites géostationnaires dans la bande 6 700-7 075 MHz par les liaisons de connexion dans le sens espace-Terre des systèmes à satellites non géostationnaires du service mobile par satellite.........................	325
Rec. UIT-R RS.1260-1	Possibilité de partage de fréquences entre les capteurs spatiaux actifs et les systèmes d'autres services fonctionnant entre 420 et 470 MHz	333
Rec. UIT-R BO.1293-2	Gabarits de protection et méthodes de calcul associées pour les brouillages causés aux systèmes de radiodiffusion par satellite dans le cas d'émissions numériques	349
Rec. UIT-R S.1340	Partage entre les liaisons de connexion (Terre-espace) du service mobile par satellite et le service de radionavigation aéronautique dans la bande 15,4-15,7 GHz................	361
Rec. UIT-R S.1341	Partage entre les liaisons de connexion (espace-Terre) du service mobile par satellite et le service de radionavigation aéronautique dans la bande 15,4-15,7 GHz et protection du service de radioastronomie dans la bande 15,35-15,4 GHz	377
Rec. UIT-R S.1428-1	Diagrammes de rayonnement de référence de station terrienne du SFS, à utiliser pour l'évaluation des brouillages faisant intervenir des satellites non OSG dans des bandes de fréquences comprises entre 10,7 GHz et 30 GHz	391
Rec. UIT-R BO.1443-2	Diagrammes de référence des antennes de stations terriennes du service de radiodiffusion par satellite à utiliser pour l'évaluation des brouillages faisant intervenir des satellites non géostationnaires dans les bandes de fréquences visées à l'Appendice 30 du RR..	395
Rec. UIT-R M.1583-1	Calcul des brouillages produits par un système à satellites non géostationnaire du service mobile par satellite ou du service de radionavigation par satellite au niveau des sites de radioastronomie	403
Rec. UIT-R S.1586-1	Calcul des niveaux de rayonnements non désirés produits par un système à satellites non géostationnaires du service fixe par satellite au niveau des sites de radio-astronomie	411
Rec. UIT-R F.1613	Caractéristiques opérationnelles et de déploiement des systèmes d'accès hertzien fixe du service fixe dans la Région 3 pour assurer la protection des systèmes du service d'exploration de la Terre par satellite (active) et du service de recherche spatiale (active) dans la bande 5 250-5 350 MHz..	419
Rec. UIT-R RA.1631	Diagramme de rayonnement de référence d'antenne de station de radioastronomie à utiliser pour des analyses de compatibilité entre systèmes non OSG et stations du service de radioastronomie effectuées sur la base du concept de puissance epfd.........	435
Rec. UIT-R RS.1632	Partage dans la bande 5 250-5 350 MHz entre le service d'exploration de la Terre par satellite (active) et les systèmes d'accès hertzien (y compris les réseaux locaux radioélectriques) dans le service mobile	439

Page

Rec. UIT-R M.1638 Caractéristiques et critères de protection applicables aux études de partage des radars de radiolocalisation, de radionavigation aéronautique et de météorologie fonctionnant dans les bandes de fréquences comprises entre 5 250 et 5 850 MHz....... 467

Rec. UIT-R M.1642-2 Méthode d'évaluation de la puissance surfacique équivalente cumulative maximale produite au niveau d'une station du service de radionavigation aéronautique par tous les systèmes du service de radionavigation par satellite exploités dans la bande 1 164-1 215 MHz.. 477

Rec. UIT-R M.1643 Spécifications techniques et opérationnelles des stations terriennes d'aéronef du service mobile aéronautique par satellite y compris celles utilisant des répéteurs des réseaux du service fixe par satellite dans la bande 14-14,5 GHz (Terre vers espace)... 495

Rec. UIT-R M.1652-1 Utilisation de la sélection dynamique des fréquences dans les systèmes d'accès hertzien, y compris les réseaux locaux hertziens, aux fins de protection du service de radiorepérage dans la bande des 5 GHz (*voir l'Annexe 1*) 501

Rec. UIT-R M.1827 Prescriptions techniques et opérationnelles applicables aux stations du service mobile aéronautique (R) (SMA(R)) limité aux applications de surface dans les aéroports et aux stations du service mobile aéronautique (SMA) limité aux applications de sécurité aéronautique dans la bande 5 091-5 150 MHz....................... 521

Rec. UIT-R M.2013 Caractéristiques techniques des systèmes de radionavigation aéronautique non-OACI fonctionnant au voisinage de 1 GHz et critères de protection applicables à ces systèmes 527

Liste de références croisées énumérant les dispositions réglementaires, y compris les renvois et notes de bas de page ainsi que les Résolutions, qui incorporent des Recommandations UIT-R par référence.. 537

RECOMMANDATION UIT-R TF.460-6*

Emissions de fréquences étalon et de signaux horaires

(Question UIT-R 102/7)

(1970-1974-1978-1982-1986-1997-2002)

L'Assemblée des radiocommunications de l'UIT,

considérant

a) que la Conférence administrative mondiale des radiocommunications (Genève, 1979) a attribué aux services des fréquences étalon et des signaux horaires les fréquences suivantes: 20 kHz ± 0,05 kHz, 2,5 MHz ± 5 kHz (2,5 MHz ± 2 kHz dans la Région 1), 5 MHz ± 5 kHz, 10 MHz ± 5 kHz, 15 MHz ± 10 kHz, 20 MHz ± 10 kHz et 25 MHz ± 10 kHz;

b) que des fréquences étalon et des signaux horaires supplémentaires sont émis dans d'autres bandes de fréquences;

c) qu'il y a lieu de tenir compte des dispositions de l'Article 26 du Règlement des radiocommunications;

d) qu'une collaboration étroite de la Commission d'études 7 des radiocommunications avec l'Organisation maritime internationale (OMI), l'Organisation de l'aviation civile internationale (OACI), la Conférence générale des poids et mesures (CGPM), le Bureau international des poids et mesures (BIPM) et l'International Earth Rotation Service (IERS), ainsi qu'avec les membres intéressés du Conseil international des unions scientifiques (CIUS) continue d'être nécessaire;

e) qu'il est souhaitable de maintenir une coordination mondiale des émissions de fréquences étalon et de signaux horaires;

f) qu'il est nécessaire de diffuser des fréquences étalon et des signaux horaires, conformément à la définition de la seconde, telle qu'elle a été donnée par la 13e Conférence générale des poids et mesures (1967);

g) que le besoin de disposer immédiatement du temps universel (UT) à une incertitude d'un dixième de seconde continue de se faire sentir,

recommande

1 que toutes les émissions de fréquences étalon et de signaux horaires soient aussi étroitement que possible conformes au temps universel coordonné (UTC) (voir l'Annexe 1); que les signaux horaires ne s'écartent pas de l'UTC de plus d'une milliseconde; que les fréquences étalon ne dévient pas de plus de 1×10^{-10}; que les signaux horaires émis par chaque station comportent une relation connue avec la phase de l'onde porteuse;

2 que toutes les émissions de fréquences étalon et de signaux horaires, y compris les autres émissions de signaux horaires destinées à des applications scientifiques (à l'exception des émissions éventuellement destinées à des systèmes spéciaux), contiennent des informations sur le temps UT1 – UTC et le temps TAI – UTC (voir l'Annexe 1).

---

* La présente Recommandation doit être portée à l'attention de l'OMI, de l'OACI, de la CGPM, du BIPM, de l'IERS, de l'Union géodésique et géophysique internationale (UGGI), de l'Union radioscientifique internationale (URSI) et de l'Union astronomique internationale (UAI).

ANNEXE 1

Echelles de temps

A Temps universel (UT)

Le temps universel (UT) est la désignation générale d'échelles de temps fondées sur la rotation de la Terre.

Dans les applications où l'on ne peut tolérer des erreurs de quelques centièmes de seconde, il est nécessaire de spécifier la forme de l'UT qui doit être utilisée:

UT0 est le temps solaire moyen du méridien origine, qu'on obtient par l'observation astronomique directe;

UT1 est UT0 corrigé des effets des petits mouvements de la Terre par rapport à son axe de rotation (variation polaire);

UT2 est UT1 corrigé des effets d'une petite fluctuation saisonnière dans la vitesse de rotation de la Terre;

UT1 est le temps utilisé dans la présente Recommandation, parce qu'il correspond directement à la position angulaire de la Terre autour de son axe de rotation diurne.

Les définitions précises des termes ci-dessus et les concepts invoqués sont disponibles dans les publications de l'IERS (Paris, France).

B Temps atomique international (TAI)

L'échelle de référence internationale de temps atomique (TAI) fondée sur la seconde (SI) définie sur le géoïde de rotation, est établie par le BIPM à partir de données d'horloge fournies par des établissements coopérants. Elle se présente sous la forme d'une échelle continue, exprimée en jours, heures, minutes et secondes, à partir de son origine, le 1er janvier 1958; elle a été adoptée par la CGPM en 1971.

C Temps universel coordonné (UTC)

UTC est l'échelle de temps maintenue par le BIPM, avec la participation de l'IERS, qui constitue la base d'une diffusion coordonnée des fréquences étalon et des signaux horaires. Il a la même marche que le TAI, mais il en diffère d'un nombre entier de secondes.

L'échelle de UTC s'ajuste par insertion ou omission de secondes (secondes intercalaires positives ou négatives) dans la mesure nécessaire pour assurer sa concordance approximative avec l'échelle de UT1.

D DUT1

On représente par DUT1 la valeur de la différence prévue entre les échelles UT1 et UTC telles qu'elles sont diffusées avec les signaux horaires. On a donc: DUT1 $\approx$ UT1 – UTC. DUT1 peut être considéré comme une correction qu'il convient d'ajouter à l'échelle UTC pour obtenir une meilleure approximation de UT1.

Les valeurs de DUT1 sont données par l'IERS, sous forme de multiples de 0,1 s.

Les règles d'exploitation suivantes sont appliquées:

1 Tolérances

1.1 La valeur de DUT1 ne devrait pas dépasser 0,8 s,

1.2 l'écart de UTC par rapport à UT1 ne devrait pas dépasser ±0,9 s (voir la Note 1),

1.3 l'écart de (UTC plus DUT1) par rapport à UT1 ne devrait pas dépasser ±0,1 s.

NOTE 1 – La différence entre la valeur maximale de DUT1 et l'écart maximal de UTC par rapport à UT1 représente l'écart admissible de (UTC + DUT1) par rapport à UT1; elle constitue pour l'IERS une protection contre des variations imprévisibles de la vitesse de rotation de la Terre.

2 Secondes intercalaires

2.1 Une seconde intercalaire positive ou négative devrait être la dernière seconde d'un mois de UTC, de préférence en premier lieu à la fin de décembre et de juin et en second lieu à la fin de mars et de septembre.

2.2 Une seconde intercalaire positive commence à 23h 59m 60s et se termine à 0h 0m 0s du premier jour du mois suivant. Dans le cas d'une seconde intercalaire négative, 23h 59m 58s sera suivi, une seconde plus tard, par 0h 0m 0s du premier jour du mois suivant (voir l'Annexe 3).

2.3 L'IERS devrait décider de l'introduction d'une seconde intercalaire et annoncer sa date; une telle annonce devrait être faite au moins 8 semaines à l'avance.

3 Valeur de DUT1

3.1 L'IERS est prié de fixer la valeur de DUT1 ainsi que sa date d'introduction et de diffuser ces renseignements un mois à l'avance. Dans des cas exceptionnels de changement brusque dans la vitesse de rotation de la Terre, l'IERS peut publier l'annonce d'une correction au plus tard deux semaines avant sa date d'introduction.

3.2 Les administrations et les organisations sont priées d'utiliser la valeur DUT1 de l'IERS dans les émissions de fréquences étalon et de signaux horaires, et de la faire connaître aussi largement que possible par l'intermédiaire de publications périodiques, bulletins, etc.

3.3 Quand DUT1 est diffusé par code, le code (sous réserve du § 3.4) doit être conforme aux principes suivants:

– la valeur absolue de DUT1 est fixée par le nombre de repères de seconde marqués et son signe est fixé par la position de ces repères par rapport au repère de minute. L'absence de repère de seconde marqué signifie que DUT1 = 0;

– l'information codée doit être émise après chaque minute identifiée si cela est compatible avec le format de l'émission. Dans le cas contraire, l'information codée doit être émise (minimum absolu) après chacune des cinq premières minutes identifiées de chaque heure.

Les détails sur le code sont donnés dans l'Annexe 2.

3.4 L'annonce de DUT1 peut être donnée dans un code différent, si elle est essentiellement destinée à un décodeur automatique et utilisée par un tel appareil, mais elle doit de toute façon être émise après chaque minute identifiée si cela est compatible avec le format de l'émission. Dans le cas contraire, l'information codée doit être émise (minimum absolu) après chacune des cinq premières minutes identifiées de chaque heure.

3.5 Toute autre information, éventuellement émise dans la partie de l'émission du signal horaire mentionnée aux § 3.3 et 3.4 et relative à l'information codée sur DUT1, doit avoir un format suffisamment différent de manière à n'être pas confondue avec DUT1.

3.6 De plus, la différence UT1 – UTC peut être fournie au même degré de précision ou à une précision supérieure par d'autres procédés, par exemple par messages associés aux bulletins maritimes ou aux prévisions météorologiques, etc.; les annonces des secondes intercalaires à venir peuvent aussi être faites par ces procédés.

3.7 L'IERS est prié de continuer à publier après coup les valeurs définitives des différences UT1 – UTC et UT2 – UTC.

E DTAI

La valeur de la différence TAI – UTC, telle que diffusée avec des signaux horaires, est appelée DTAI. On peut considérer que la valeur DTAI = TAI – UTC est une correction qu'il faut apporter au temps UTC pour obtenir le temps TAI.

Les valeurs de TAI – UTC sont publiées dans la Circulaire T du BIPM. L'IERS devrait annoncer la valeur de DTAI sous forme de multiples entiers d'une seconde dans la même annonce que celle correspondant à l'introduction des secondes intercalaires (voir le § D.2).

ANNEXE 2

Code pour la transmission de DUT1

Une valeur positive de DUT1 sera indiquée par le marquage d'un nombre, *n*, de repères de seconde consécutifs, après le repère de minute, à partir du repère de seconde un jusqu'au repère de seconde *n* inclus, *n* étant un nombre entier au plus égal à 8.

$$DUT1 = (n \times 0{,}1)\ s$$

Une valeur négative de DUT1 sera indiquée par le marquage d'un nombre, *m*, de repères de seconde consécutifs, après le repère de minute, à partir du repère de seconde neuf jusqu'au repère de seconde (8 + *m*) inclus, *m* étant un nombre entier au plus égal à 8.

$$DUT1 = -(m \times 0{,}1)\ s$$

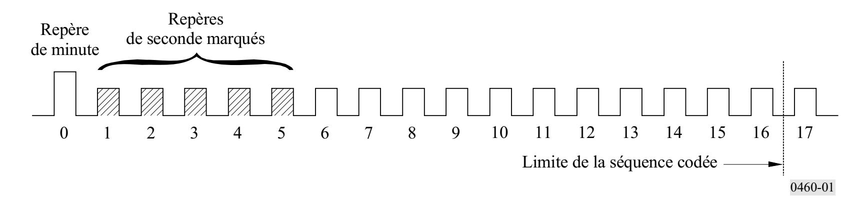
Une valeur nulle de DUT1 sera indiquée par l'absence de repère de seconde marqué.

Les repères de seconde appropriés seront marqués, par exemple, par l'allongement, le doublement, la division en deux, ou la modulation des repères de seconde normaux.

Exemples:

FIGURE 1

DUT1 = + 0,5 s



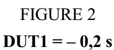
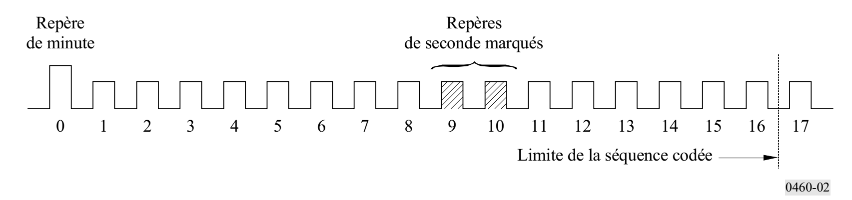


FIGURE 2

DUT1 = – 0,2 s



ANNEXE 3

Attribution de dates à des événements au voisinage d'une seconde intercalaire

L'attribution de dates aux événements qui se produisent au voisinage d'une seconde intercalaire se fera comme l'indiquent les exemples ci-dessous:

FIGURE 3

Seconde intercalaire positive

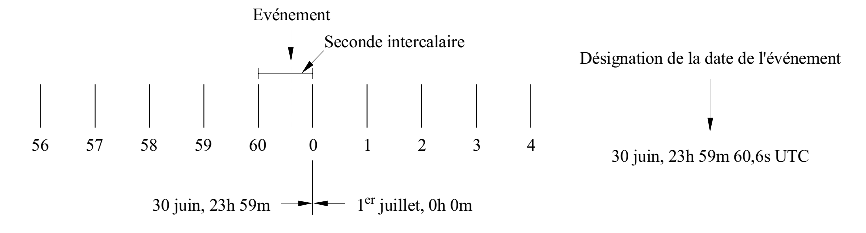
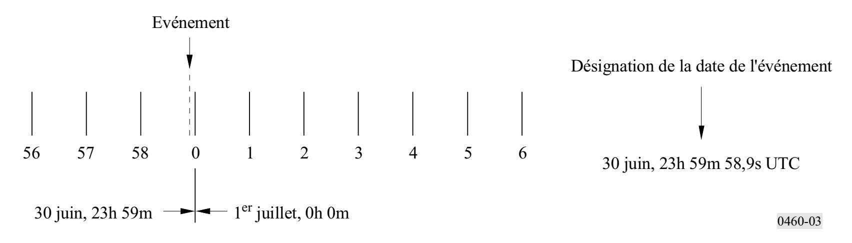


FIGURE 4

Seconde intercalaire négative



RECOMMANDATION UIT-R M.476-5*

ÉQUIPEMENTS TÉLÉGRAPHIQUES À IMPRESSION DIRECTE DANS LE SERVICE MOBILE MARITIME**

(Question UIT-R 5/8)

(1970-1974-1978-1982-1986-1995)

Résumé

Cette Recommandation donne dans l'Annexe 1 les caractéristiques des systèmes de détection et de correction d'erreur pour les équipements de télégraphie à impression directe existants. Cette Annexe décrit les caractéristiques techniques d'émission, les codes et les modes d'exploitation à utiliser dans le service mobile maritime. Les nouveaux équipements doivent être conformes à la Recommandation UIT-R M.625.

L'Assemblée des radiocommunications de l'UIT,

considérant

a) que le besoin se fait sentir de relier par des circuits radiotélégraphiques les stations mobiles entre elles ou les stations côtières et les stations mobiles, équipées d'appareils arythmiques utilisant l'Alphabet télégraphique international Nº 2 de l'UIT-T;

b) que les communications par télégraphie à impression directe du service mobile maritime peuvent être classées dans les catégories suivantes:

b.a service télégraphique entre un navire et une station côtière,

b.b service télégraphique entre un navire et un poste à terre (par exemple, bureau d'un armateur) relié à la station côtière,

b.c service télex entre un navire et un abonné du réseau télex international,

b.d diffusion télégraphique d'une station côtière à un ou plusieurs navires,

b.e service télégraphique entre deux navires, ou entre un navire et plusieurs autres navires;

c) que ces catégories sont de nature différente et qu'en conséquence, les qualités de transmission nécessaires diffèrent d'une catégorie à l'autre;

d) que les catégories indiquées ci-dessus en b.a, b.b et b.c peuvent demander une meilleure qualité de transmission que les catégories b.d et b.e; en effet, dans les catégories b.a, b.b et b.c on peut avoir à transmettre des données, tandis que les messages correspondant aux catégories b.d et b.e sont normalement transmis en langage clair, ce qui autorise une qualité de transmission inférieure à celle des informations en code;

---

* Cette Recommandation doit être portée à l'attention de l'Organisation maritime internationale (OMI) et du Secteur de la normalisation des télécommunications (UIT-T).

** La présente Recommandation est maintenue pour renseigner sur les équipements existants, mais elle sera probablement supprimée ultérieurement. Les nouveaux équipements devraient être conformes à la Recommandation UIT-R M.625 qui traite de l'échange de signaux d'identification en vue de l'utilisation des signaux d'identification à 9 chiffres du service mobile maritime et de la compatibilité avec les équipements actuels dont la fabrication est conforme à la présente Recommandation.

Note du Secrétariat: Dans cette Recommandation, les références au Règlement des radiocommunications (RR) renvoient au RR révisé par la Conférence mondiale des radiocommunications de 1995. Ces dispositions du RR entreront en vigueur le 1er juin 1998. Le cas échéant, les références entre crochets correspondent à celles du RR actuellement en vigueur.

e) qu'il n'est pas possible de tirer parti des avantages du système ARQ dans les services des catégories b.d et b.e qui, par principe, ne comportent pas de circuit de retour;

f) que pour les catégories dont la nature exclut l'emploi du système ARQ, on devrait utiliser un autre procédé, à savoir la correction des erreurs sans voie de retour;

g) que les délais de synchronisation et de mise en phase devraient être aussi courts que possible et ne devraient pas dépasser 5 s;

h) que la plupart des stations de navire ne permettent guère l'emploi simultané de l'émetteur et du récepteur radioélectriques;

j) que l'équipement de bord des navires ne devrait être ni trop complexe, ni trop coûteux,

recommande

1 que, dans le cas où un système à détection et correction d'erreurs est utilisé pour la télégraphie à impression directe dans le service mobile maritime, on emploie, soit un système ARQ à 7 moments, soit un système à 7 moments à correction et indication intrinsèques des erreurs avec réception en diversité de temps, utilisant le même code;

2 qu'un équipement conçu conformément au § 1 possède les caractéristiques indiquées à l'Annexe 1.

ANNEXE 1

1 Généralités (Mode A, correction d'erreur par détection et répétition-ARQ et Mode B, correction d'erreur sans voie de retour-CED)

1.1 Le système, à la fois en mode A (ARQ) et en mode B (CED), est un système synchrone à une seule voie utilisant le code de détection d'erreur à 7 moments décrit dans le § 2 de la présente Annexe.

1.2 Une modulation par déplacement de fréquence (MDF) à 100 Bd est utilisée sur la liaison radioélectrique. La précision des horloges de l'équipement qui commandent la rapidité de modulation doit être meilleure que 30×10^{-6}.

NOTE 1 – Il se peut que certains équipements actuellement en service ne répondent pas à cette condition.

1.3 L'entrée et la sortie de l'équipement terminal doivent être conformes au code arythmique à 5 moments de l'Alphabet télégraphique international Nº 2 de l'UIT-T avec une rapidité de modulation de 50 Bd.

1.4 La classe d'émission est F1B ou J2B, avec déplacement de fréquence de 170 Hz sur la liaison radioélectrique. En cas de déplacement de fréquence par application de signaux audiofréquence à l'entrée d'un émetteur à bande latérale unique, la fréquence centrale du spectre audiofréquence appliquée à l'émetteur doit être 1 700 Hz.

NOTE 1 – Un certain nombre d'équipements, actuellement en service, utilisent une fréquence centrale de 1 500 Hz. Il pourrait être nécessaire de prendre des mesures particulières pour assurer la compatibilité.

1.5 La tolérance de fréquence de l'émetteur et du récepteur doit être conforme aux dispositions de la Recommandation UIT-R SM.1137. Il est souhaitable que le récepteur emploie la largeur de bande utilisable minimale (voir aussi le Rapport UIT-R M.585).

NOTE 1 – La largeur de bande du récepteur devrait de préférence se situer entre 270 et 340 Hz.

2 Tableau de conversion

2.1 Signaux d'information

TABLEAU 1

N° de combinaison	Inversion lettres	Inversion chiffres	Code de l'Alphabet télégraphique international N° 2	Signal à 7 moments émis(1)
1	A	–	ZZAAA	BBBYYYB
2	B	?	ZAAZZ	YBYYBBB
3	C	:	AZZZA	BYBBBYY
4	D	⊠ (3)	ZAAZA	BBYYBYB
5	E	3	ZAAAA	YBBYBYB
6	F	(2)	ZAZZA	BBYBBYY
7	G	(2)	AZAZZ	BYBYBBY
8	H	(2)	AAZAZ	BYYBYBB
9	I	8	AZZAA	BYBBYYB
10	J	Signal acoustique	ZZAZA	BBBYBYY
11	K	(	ZZZZA	YBBBBYY
12	L	)	AZAAZ	BYBYYBB
13	M	.	AAZZZ	BYYBBBY
14	N	,	AAZZA	BYYBBYB
15	O	9	AAAZZ	BYYYBBB
16	P	0	AZZAZ	BYBBYBY
17	Q	1	ZZZAZ	YBBBYBY
18	R	4	AZAZA	BYBYBYB
19	S	'	ZAZAA	BBYBYYB
20	T	5	AAAAZ	YYBYBBB
21	U	7	ZZZAA	YBBBYYB
22	V	=	AZZZZ	YYBBBBY
23	W	2	ZZAAZ	BBBYYBY
24	X	/	ZAZZZ	YBYBBBY
25	Y	6	ZAZAZ	BBYBYBY
26	Z	+	ZAAAZ	BBYYYBB
27	← (Retour du chariot)		AAAZA	YYYBBBB
28	≡ (Changement de ligne)		AZAAA	YYBBYBB
29	↓ (Inversion lettres)		ZZZZZ	YBYBBYB
30	↑ (Inversion chiffres)		ZZAZZ	YBBYBBY
31	Espace		AAZAA	YYBBBYB
32	Bande non perforée		AAAAA	YBYBYBB

(1) B représente la fréquence émise supérieure et Y la fréquence émise inférieure.

(2) Non assignés à présent (voir la Recommandation UIT-T F.1, § C.8). La réception de ces signaux ne doit toutefois pas donner lieu à une demande de répétition.

(3) Ce nouveau symbole schématique a été adopté par l'UIT-T mais le symbole ✠ peut être utilisé avec la même signification (Recommandation UIT-T F.1).

2.2 Signaux de service

TABLEAU 2

Mode A (ARQ)	Signal émis	Mode B (CED)
Signal de commande 1 (CS1)	BYBYYBB	
Signal de commande 2 (CS2)	YBYBYBB	
Signal de commande 3 (CS3)	BYYBBYB	
Inoccupation β	BBYYBBY	
Inoccupation α	BBBBYYY	Signal de mise en phase 1
Signal de répétition	YBBYYBB	Signal de mise en phase 2

3 Caractéristiques

3.1 Mode A (ARQ) (Voir les Fig. 1 et 2)

C'est un système synchrone transmettant des blocs de trois caractères entre une station émettrice d'informations (ISS) et une station réceptrice d'informations (IRS); ces stations, sous l'action du signal de commande 3 (voir le § 2.2), peuvent inverser leurs rôles.

3.1.1 Asservissement

3.1.1.1 La station qui déclenche l'établissement du circuit (station appelante) devient la station «maîtresse» et la station appelée devient la station «asservie».

Cette situation demeure inchangée aussi longtemps que le circuit établi est maintenu, quelle que soit la station qui est, à un moment donné, la station émettrice d'informations (ISS) ou la station réceptrice d'informations (IRS).

3.1.1.2 L'horloge de la station maîtresse commande le circuit tout entier (voir le diagramme de rythme du circuit, Fig. 1).

3.1.1.3 Le cycle du rythme de base est 450 ms; pour chaque station, il comprend une période d'émission suivie d'un arrêt au cours duquel s'effectue la réception.

3.1.1.4 Le distributeur d'émission de la station maîtresse est commandé par l'horloge de la station maîtresse.

3.1.1.5 Le distributeur de réception de la station asservie est commandé par le signal reçu.

3.1.1.6 Le distributeur d'émission de la station asservie est verrouillé en phase au distributeur de réception de la station asservie, c'est-à-dire que l'intervalle de temps compris entre la fin du signal reçu et le début du signal émis (t_E dans la Fig. 1) est constant.

3.1.1.7 Le distributeur de réception de la station maîtresse est commandé par le signal reçu.

3.1.2 La station émettrice d'informations (ISS)

3.1.2.1 groupe les informations à émettre en blocs de trois caractères (3×7 moments), y compris au besoin, des signaux «inoccupation β» pour terminer ou compléter des blocs en l'absence d'informations disponibles sur le trafic;

3.1.2.2 émet un «bloc» en 210 ms, suivi d'un arrêt d'émission de 240 ms, gardant le bloc émis en mémoire jusqu'à ce que le signal de commande approprié confirmant une réception correcte par la station réceptrice d'informations (IRS) ait été reçu;

3.1.2.3 numérote les blocs successifs alternativement «bloc 1» et «bloc 2» à l'aide d'un dispositif local de numérotation. Le premier bloc sera un «bloc 1» ou un «bloc 2», selon que le signal de commande reçu (voir le § 3.1.4.5) est un signal de commande 1 ou un signal de commande 2. La numérotation des blocs successifs est interrompue dès réception:

– d'une demande de répétition,

– d'un signal mutilé, ou

– d'un signal de commande 3 (voir le § 2.2);

3.1.2.4 émet les informations du bloc 1 dès réception du signal de commande 1 (voir le § 2.2);

3.1.2.5 émet les informations du bloc 2 dès réception du signal de commande 2 (voir le § 2.2);

3.1.2.6 émet un bloc de trois «signaux de répétition» dès réception d'un signal mutilé (voir le § 2.2).

FIGURE 1

Mode de fonctionnement A

N° d'appel sélectif 32610 transmis sous la forme Q (RQ)C XT (RQ)
(voir la Recommandation UIT-R M.491 § 2.3)

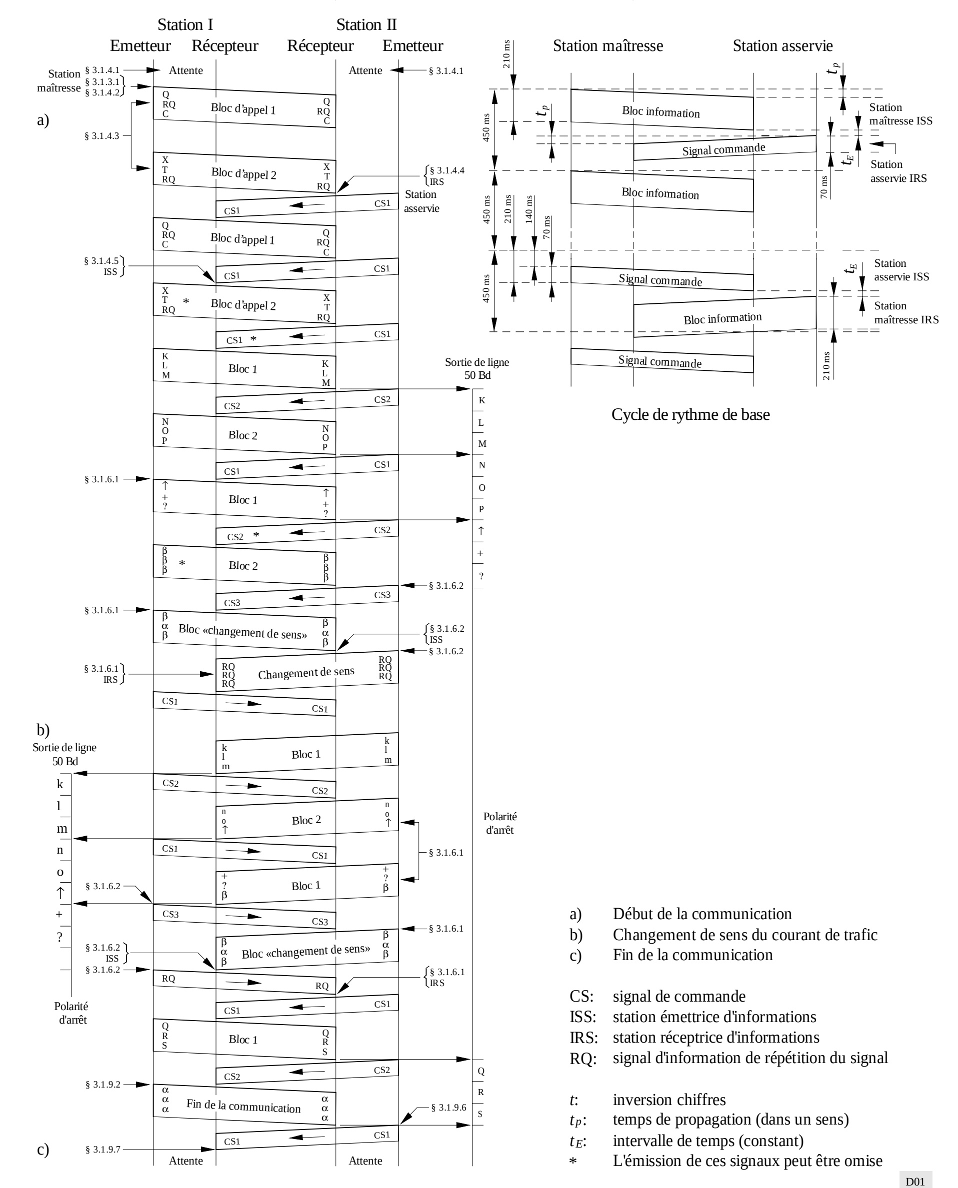
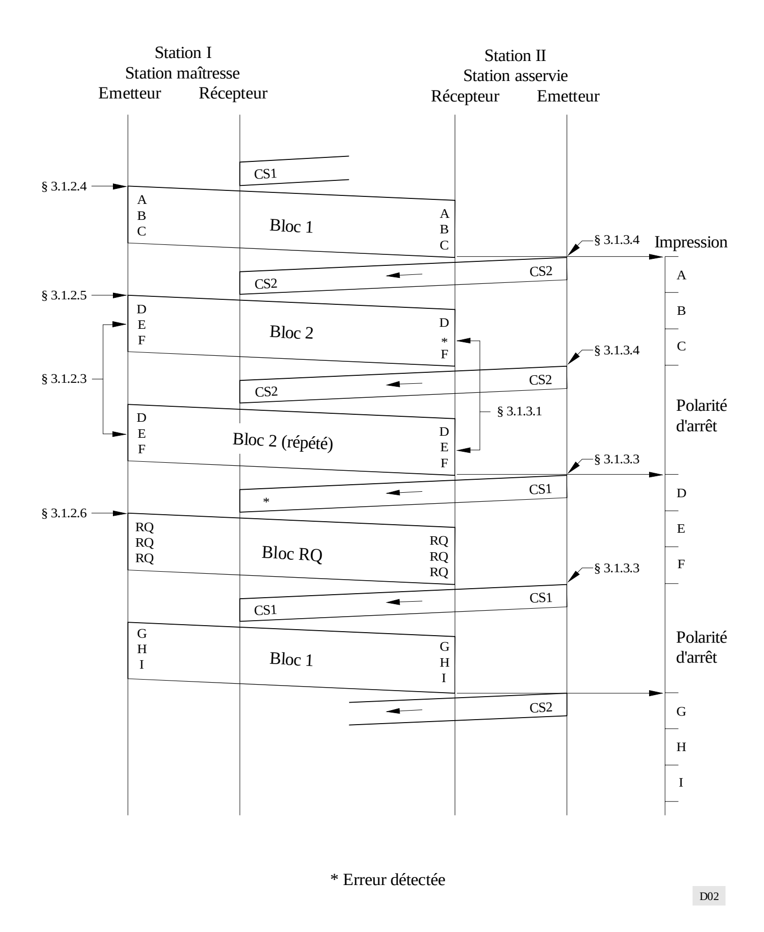


FIGURE 2

Mode A (réception d'erreurs)



3.1.3 La station réceptrice d'informations (IRS)

3.1.3.1 numérote les blocs de trois caractères reçus alternativement «bloc 1» et «bloc 2» à l'aide d'un dispositif local de numérotation, la numérotation étant interrompue dès réception:

– d'un bloc contenant un ou plusieurs caractères mutilés, ou

– d'un bloc contenant au moins un «signal de répétition» (§ 3.1.2.6);

3.1.3.2 après réception de chaque bloc, émet un des signaux de commande de 70 ms, après quoi intervient un arrêt d'émission de 380 ms;

3.1.3.3 émet le signal de commande 1 dès réception:

– d'un «bloc 2» non mutilé, ou

– d'un «bloc 1» mutilé, ou

– d'un «bloc 1» contenant au moins «un signal de répétition»;

3.1.3.4 émet le signal de commande 2 dès réception:

– d'un «bloc 1» non mutilé, ou

– d'un «bloc 2» mutilé, ou

– d'un «bloc 2» contenant au moins «un signal de répétition».

3.1.4 Mise en phase

3.1.4.1 En l'absence de circuit établi, les deux stations sont dans la position «attente». Dans ce cas, aucune position, soit ISS ou IRS, soit maîtresse ou asservie, n'est assignée à l'une ou l'autre station.

3.1.4.2 La station désirant établir le circuit émet le signal «appel». Ce signal est formé par deux blocs de trois signaux (voir la Note 1).

3.1.4.3 Le signal d'appel contient:

– dans le premier bloc: un «signal de répétition» comme deuxième caractère et une combinaison quelconque de signaux d'information (voir la Note 2) comme premier et troisième caractère;

– dans le deuxième bloc: un «signal de répétition» comme troisième caractère, précédé d'une combinaison quelconque de 32 signaux d'information (voir la Note 2) comme premier et deuxième caractère.

3.1.4.4 Dès réception du signal d'appel approprié, la station appelée passe de la position «attente» à la position «IRS» et émet le signal de commande 1 ou le signal de commande 2.

3.1.4.5 Dès réception de deux signaux de commande consécutifs identiques, la station appelante passe en position ISS et fonctionne comme il est dit aux § 3.1.2.4 et 3.1.2.5.

NOTE 1 – Une station utilisant un signal d'appel à deux blocs reçoit un numéro conformément aux dispositions des numéros S19.37, S19.83 et S19.92 à S19.95 [numéros 2088, 2134 et 2143 à 2146] du RR.

NOTE 2 – La composition de ces signaux et leur affectation aux différents navires nécessitent un accord international (voir la Recommandation UIT-R M.491).

3.1.5 Remise en phase (Note 1)

3.1.5.1 Lorsque la réception de blocs d'informations ou de signaux de commande est continuellement mutilée, le système revient à la position «attente» après un temps prédéterminé, fixé par l'usager, de répétition continue (il pourrait être préférable d'adopter un temps prédéterminé d'une durée de 32 cycles de 450 ms): la station qui est station maîtresse au moment de l'interruption commence immédiatement la remise en phase conformément à la procédure indiquée au § 3.1.4.

3.1.5.2 Si, lors de l'interruption, la station asservie était en position IRS, le signal de commande à renvoyer après la mise en phase devrait être le même que le dernier signal de commande envoyé avant l'interruption, ce qui permet d'éviter la perte d'un bloc d'information après la reprise de la communication. Il se peut que certains équipements actuellement en service ne répondent pas à cette condition.

3.1.5.3 Toutefois, si la station asservie était en position ISS lors de l'interruption, elle émet, après avoir reçu les blocs d'appel appropriés, c'est-à-dire:

– soit le signal de commande 3;

– soit le signal de commande 1 ou 2, conformément au § 3.1.4.4, après quoi le signal de commande 3 est émis pour déclencher le passage à la position ISS.

3.1.5.4 Si la remise en phase n'a pas été effectuée pendant l'intervalle de temps du § 3.1.9.1, le système revient à la position «attente» et aucune nouvelle tentative de remise en phase n'est effectuée.

NOTE 1 – Certaines stations côtières n'assurent pas la remise en phase (voir aussi la Recommandation UIT-R M.492).

3.1.6 Changement de position

3.1.6.1 La station émettrice d'informations (ISS)

– émet, pour déclencher un changement de sens du trafic, la séquence de signaux d'informations «inversion chiffres» – «plus» (Z) – «interrogation» (B) (voir la Note 1) suivie, au besoin, d'un ou plusieurs «signaux d'inoccupation β» pour compléter un bloc;

– émet, dès réception d'un signal de commande 3, un bloc «inoccupation β» – «inoccupation α» – «inoccupation β»;

– passe en position IRS dès réception d'un «signal de répétition».

3.1.6.2 La station réceptrice d'informations (IRS)

– émet le signal de commande 3:

a) lorsque la station désire passer en position ISS,

b) dès réception d'un bloc «plus» (Z) – «interrogation» (B) (voir la Note 1) terminant une suite de signaux d'informations «inversion chiffres» ou dès réception du bloc suivant. Dans ce dernier cas, l'IRS ne tient pas compte de l'existence ou de l'absence d'un ou plusieurs caractères mutilés dans le dernier bloc;

– passe en position ISS après réception d'un bloc contenant la séquence de signaux «inoccupation β» – «inoccupation α» – «inoccupation β»;

– émet un «signal de répétition» en tant que station maîtresse ou un bloc de trois «signaux de répétition» en tant que station asservie, après passage sur ISS.

NOTE 1 – Dans le réseau télex, il est utilisé les combinaisons de séquence de signaux N° 26 et N° 2, envoyées alors que les téléimprimeurs sont dans le mode «chiffre», pour entreprendre une inversion du trafic des informations. Il appartient donc à l'IRS de surveiller si le trafic des informations se fait en mode lettre ou chiffre, pour assurer un fonctionnement approprié du système de bout à bout.

3.1.7 Sortie «ligne»

3.1.7.1 Le signal fourni aux bornes de sortie «ligne» est un signal arythmique à 5 moments avec une rapidité de modulation de 50 Bd.

3.1.8 Indicatif

3.1.8.1 La séquence WRU (Qui êtes-vous?), qui est une combinaison des numéros 30 et 4 de l'Alphabet télégraphique international N° 2 de l'UIT-T, est utilisée pour demander l'identification du terminal.

3.1.8.2 Lorsque la station réceptrice de l'information reçoit un bloc contenant la séquence WRU qui actionne le générateur d'indicatif du téléimprimeur:

– elle modifie le sens du trafic comme indiqué au § 3.1.6.2;

– elle émet les caractères d'information provenant du générateur d'indicatif du téléimprimeur;

– après transmission de deux blocs de «signaux d'inoccupation β» (après réception complète de l'indicatif, ou en l'absence d'un indicatif), elle change le sens du trafic conformément au § 3.1.6.1.

NOTE 1 – Il se peut que certains équipements actuellement en service ne répondent pas à cette condition.

3.1.9 Fin de communication

3.1.9.1 Lorsque la réception de blocs d'information ou de signaux de commande est continuellement mutilée, le système revient à la position «attente» après un temps prédéterminé de répétition continue, ce qui donne lieu à la rupture du circuit établi. (Il pourrait être préférable d'adopter un temps prédéterminé d'une durée de 64 cycles de 450 ms);

3.1.9.2 La station qui désire rompre le circuit établi émet un «signal de fin de communication».

3.1.9.3 Le «signal de fin de communication» consiste en un bloc contenant trois signaux «inoccupation α».

3.1.9.4 Le «signal de fin de communication» est émis par l'ISS.

3.1.9.5 Si une IRS désire rompre le circuit établi, elle doit passer en position ISS conformément au § 3.1.6.2.

3.1.9.6 L'IRS qui reçoit un «signal de fin de communication» émet le signal de commande approprié et revient à la position «attente».

3.1.9.7 Dès réception d'un signal de commande confirmant la réception sans mutilation du «signal de fin de communication», l'ISS revient à la position «attente».

3.1.9.8 Lorsque, après un nombre prédéterminé d'émissions (voir la Note 1) du «signal de fin de communication», aucun signal de commande n'a été reçu confirmant la réception non mutilée du «signal de fin de communication», l'ISS revient à la position «attente» et l'IRS s'interrompt conformément aux dispositions du § 3.1.9.1.

NOTE 1 – Il pourrait être préférable d'adopter un nombre prédéterminé correspondant à 4 émissions du signal de «fin de communication».

3.2 Mode B, correction d'erreur sans voie de retour – (CED) (voir les Fig. 3 et 4)

C'est un système synchrone transmettant un train ininterrompu de caractères d'une station émettrice en mode B collectif (CBSS) vers plusieurs stations réceptrices en mode B collectif (CBRS), ou d'une station émettrice en mode B sélectif (SBSS) vers une station particulière recevant en mode B sélectif (SBRS).

3.2.1 La station émettrice en mode B collectif ou sélectif (CBSS ou SBSS)

3.2.1.1 émet chaque caractère deux fois; la première émission (DX) d'un caractère donné est suivie par l'émission de 4 autres caractères, après quoi a lieu la retransmission (RX) du premier caractère, ce qui permet une réception en diversité dans le temps avec un intervalle de 280 ms;

3.2.1.2 émet en préambule aux messages ou à l'indicatif d'appel, alternativement le signal de mise en phase 1 (voir le § 2.2) et le signal de mise en phase 2 (voir le § 2.2), le premier étant transmis dans la position RX et le second dans la position DX. Quatre au moins de ces couples de signaux (signal de mise en phase 1 et signal de mise en phase 2) devraient être émis.

3.2.2 La station émettrice en mode B collectif (CBSS)

3.2.2.1 émet pendant les pauses entre deux messages d'une même émission, les signaux de mise en phase 1 et les signaux de mise en phase 2 dans les positions RX et DX respectivement.

3.2.3 La station émettrice en mode B sélectif (SBSS)

3.2.3.1 après l'émission du nombre voulu de signaux de mise en phase (voir le § 3.2.1.2), émet l'indicatif d'appel de la station à atteindre. L'indicatif d'appel se compose d'une série de quatre caractères qui est représentative du numéro de code de la station appelée. La composition de cet indicatif d'appel doit être conforme à la Recommandation UIT-R M.491. Cette transmission s'effectue selon le mode de diversité dans le temps, conformément au § 3.2.1.1;

3.2.3.2 émet l'indicatif d'appel et tous les signaux qui suivent dans un rapport de 3B/4Y, autrement dit inversés par rapport aux signaux du Tableau 1, colonne «signal à 7 moments émis». En conséquence, tous les signaux qui suivent les signaux de mise en phase sont transmis dans un rapport de 3B/4Y;

3.2.3.3 émet le signal de service «inoccupation β» durant le temps libre entre les messages composés de signaux d'information.

3.2.4 La ou les station(s) réceptrice(s) en mode B collectif ou sélectif (CBRS ou SBRS)

3.2.4.1 vérifie(nt) les deux caractères (DX et RX) et imprime(nt) un caractère DX ou RX non mutilé, ou bien un symbole erreur (ou un espace) si tous deux sont mutilés.

3.2.5 Mise en phase

3.2.5.1 Quand aucune réception n'a lieu, le système est en position «attente» conformément aux dispositions du § 3.1.4.1.

3.2.5.2 A la réception de la séquence: «*signal de mise en phase 1*» – «*signal de mise en phase 2*» ou de la séquence: «*signal de mise en phase 2*» – «*signal de mise en phase 1*», dans laquelle le signal de mise en phase 2 détermine la position DX et le signal de mise en phase 1 détermine la position RX et après réception d'au moins un autre signal de mise en phase dans la position correcte, le système passe de la position d'attente à la position CBRS.

3.2.5.3 Une station ayant commencé à fonctionner comme une CBRS revient à la position SBRS (station réceptrice appelée sélectivement) dès réception des caractères inversés représentant son numéro d'appel sélectif.

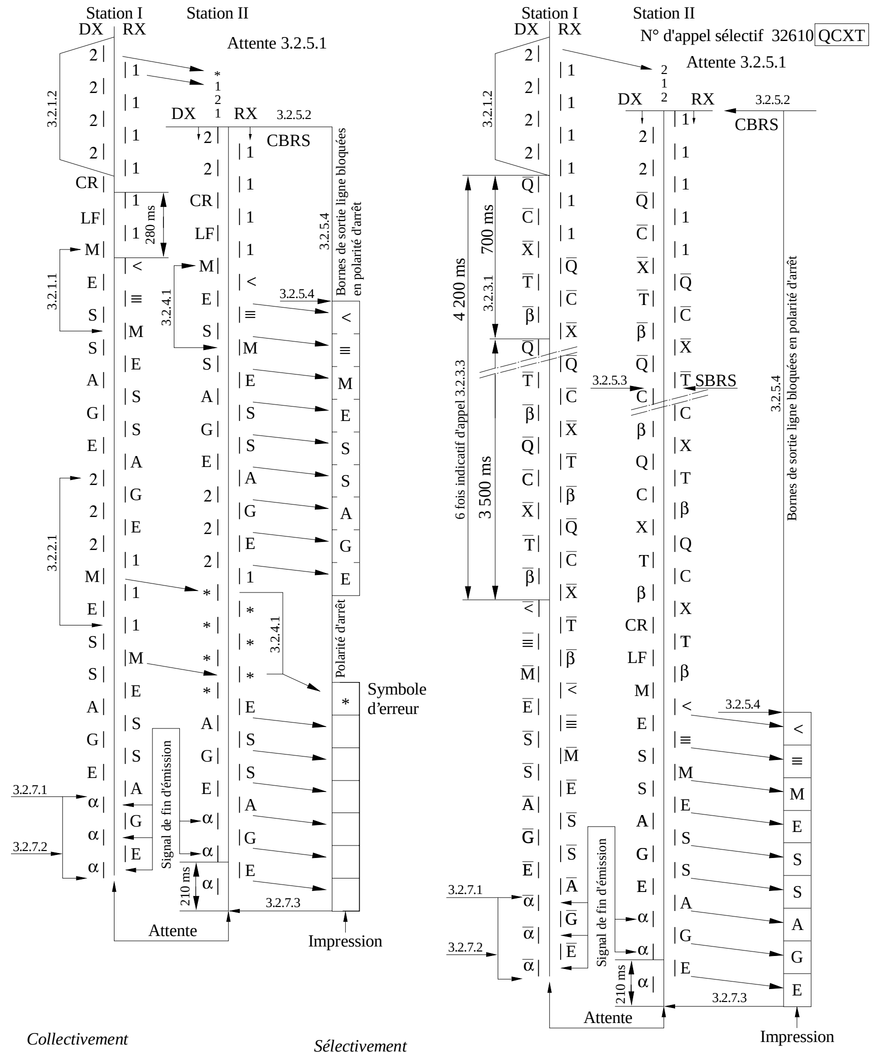
3.2.5.4 Le système, une fois dans la position CBRS ou dans la position SBRS, présente aux bornes de sortie «ligne» une polarité d'arrêt continue jusqu'à réception du signal «retour du chariot» ou «changement de ligne».

3.2.5.5 Lorsqu'une station a commencé à fonctionner comme une SBRS, le décodeur retransforme tous les signaux suivants reçus dans le rapport 3Y/4B; ces signaux sont donc transmis à la SBRS dans le rapport correct, mais leur rapport reste inversé pour toutes les autres stations.

3.2.5.6 Les stations CBRS et SBRS reviennent toutes deux à la position d'attente si, durant un intervalle de temps prédéterminé, le pourcentage des signaux reçus avec des mutilations dépasse une valeur fixée à l'avance.

FIGURE 3

Mode de fonctionnement B



Collectivement

1: signal de mise en phase 1

2: signal de mise en phase 2

<: retour de chariot (CR)

≡: changement de ligne (LF)

* Erreur détectée

Sélectivement

CBSS: station émettrice en mode B collectif

CBRS: station réceptrice en mode B collectif

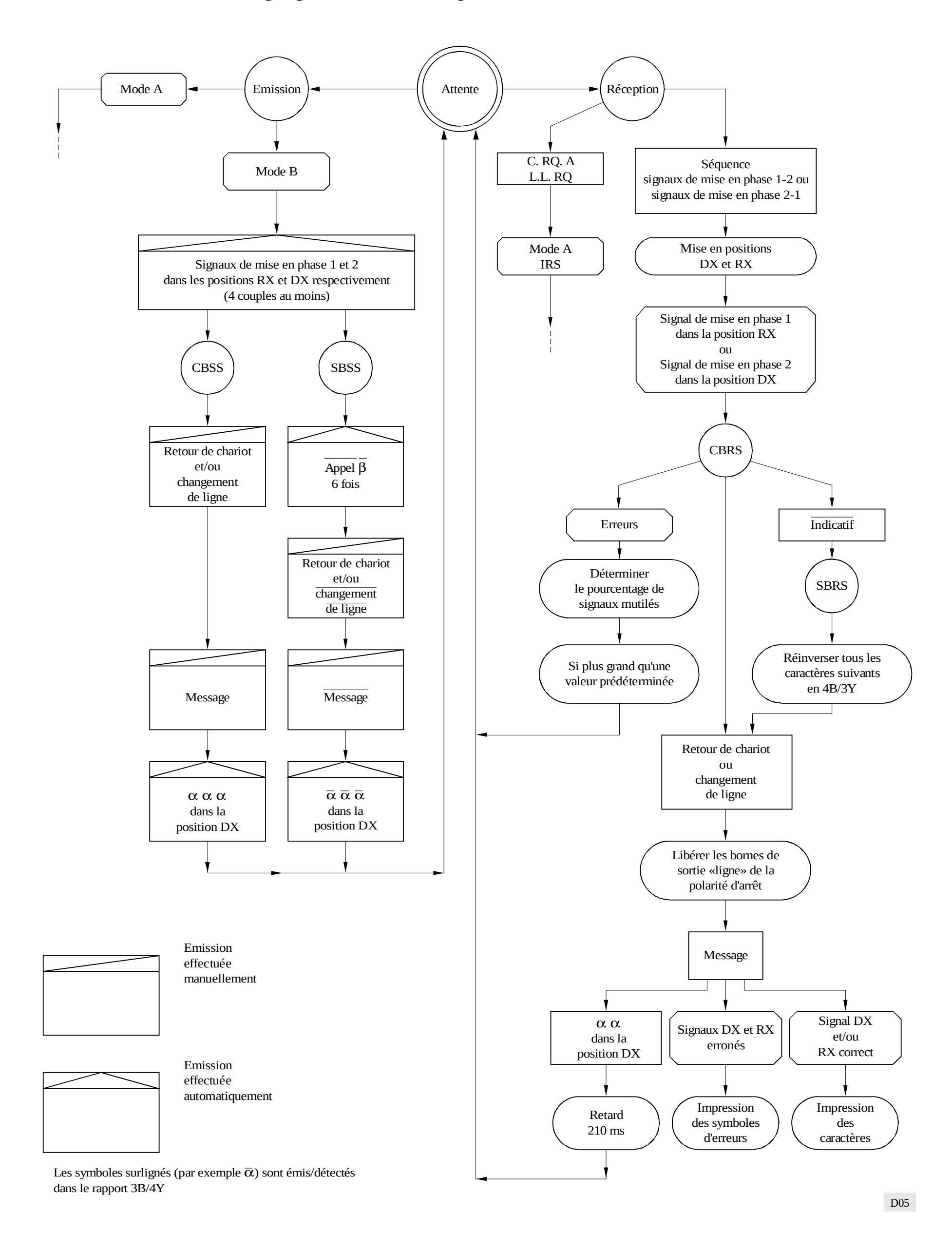
SBSS: station émettrice en mode B sélectif

SBRS: station réceptrice en mode B sélectif

Les symboles surlignés (par exemple $\overline{M}$) sont transmis dans le rapport 3B/4Y

FIGURE 4

Organigramme montrant les opérations effectuées en mode B



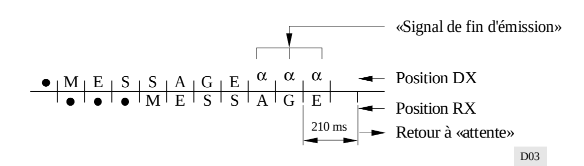
3.2.6 Sortie «ligne»

3.2.6.1 Le signal fourni aux bornes de sortie «ligne» est un signal arythmique à 5 moments de l'Alphabet télégraphique international Nº 2 de l'UIT-T, avec une rapidité de modulation de 50 Bd.

3.2.7 Fin d'émission

3.2.7.1 La station émettrice en mode B (CBSS ou SBSS) qui désire mettre fin à l'émission émet le «signal de fin d'émission».

3.2.7.2 Le «signal de fin d'émission» consiste en trois signaux «inoccupation α» (voir le § 2.2) consécutifs émis dans la position DX seulement immédiatement après le dernier signal d'information de trafic émis dans la position DX, après quoi la station met fin à son émission et revient en position «attente».



3.2.7.3 La CBRS ou la SBRS revient à la position «attente» dans un délai d'au moins 210 ms après la réception d'au moins deux signaux «inoccupation α» dans la position DX.

RECOMMANDATION UIT-R M.489-2*

CARACTÉRISTIQUES TECHNIQUES DES APPAREILS RADIOTÉLÉPHONIQUES UTILISÉS PAR LE SERVICE MOBILE MARITIME FONCTIONNANT EN ONDES MÉTRIQUES AVEC UN ESPACEMENT DE 25 kHz ENTRE VOIES ADJACENTES

(1974-1978-1995)

Résumé

Cette Recommandation décrit les caractéristiques techniques des émetteurs, des récepteurs et des émetteurs-récepteurs de radiotéléphonie en ondes métriques utilisés dans le service mobile maritime avec un espacement de 25 kHz entre voies adjacentes (Appendice S18 [Appendice 18] du Règlement des radiocommunications (RR)). Elle décrit aussi les caractéristiques additionnelles des émetteurs-récepteurs fonctionnant en ASN.

L'Assemblée des radiocommunications de l'UIT,

considérant

a) que la Résolution N° 308 de la Conférence administrative mondiale des radiocommunications, (Genève, 1979) (CAMR-79), stipulait:

– que tous les appareils radiotéléphoniques utilisés par le service mobile maritime fonctionnant en ondes métriques devront, à partir du 1er janvier 1983, respecter l'espacement de 25 kHz entre les voies;

b) que le tableau des fréquences d'émission pour le service mobile maritime, qui figure à l'Appendice S18 [Appendice 18] du RR, est fondé sur un espacement de 25 kHz entre les voies;

c) que, dans le Vœu 42, la Commission électrotechnique internationale (CEI) a été invitée à communiquer au Secteur des radiocommunications de l'UIT toute proposition qu'elle aura faite au sujet des méthodes de mesure applicables au matériel radioélectrique utilisé dans le service mobile terrestre; que ces méthodes de mesure peuvent aussi convenir au matériel radioélectrique utilisé dans le service mobile maritime;

d) qu'il est nécessaire de décrire les caractéristiques techniques des appareils radiotéléphoniques utilisés par le service mobile maritime fonctionnant en ondes métriques avec un espacement de 25 kHz entre voies adjacentes;

recommande

1 que les appareils radiotéléphoniques à modulation de fréquence utilisés dans le service mobile maritime fonctionnant sur les fréquences spécifiées à l'Appendice S18 [Appendice 18] du RR, satisfassent aux caractéristiques ci-après:

1.1 Caractéristiques générales

1.1.1 Les émissions doivent être de la classe F3E/G3E.

1.1.2 La largeur de bande nécessaire doit être de 16 kHz.

1.1.3 On doit utiliser uniquement la modulation de phase (modulation de fréquence avec préaccentuation de 6 dB/octave).

---

* Cette Recommandation doit être portée à l'attention de l'Organisation maritime internationale (OMI) et du Secteur de la normalisation des télécommunications (UIT-T).

Note du Secrétariat: Dans cette Recommandation, les références au Règlement des radiocommunications (RR) renvoient au RR révisé par la Conférence mondiale des radiocommunications de 1995. Ces dispositions du RR entreront en vigueur le 1er juin 1998. Le cas échéant, les références entre crochets correspondent à celles du RR actuellement en vigueur.

1.1.4 L'excursion de fréquence qui correspond à une modulation de 100% doit être aussi voisine que possible de ± 5 kHz. Elle ne doit en aucun cas dépasser ± 5 kHz. Il convient d'employer des circuits limiteurs d'excursion, de manière que l'excursion de fréquence maximale réalisable soit indépendante de l'audiofréquence appliquée à l'entrée.

1.1.5 Dans le cas où l'on emploie des systèmes duplex ou semi-duplex, la qualité de fonctionnement des appareils radioélectriques doit continuer à satisfaire aux clauses de la présente Recommandation.

1.1.6 Les appareils doivent être conçus de telle sorte que le passage de l'une à l'autre des voies assignées s'effectue dans un délai maximal de 5 s.

1.1.7 Le rayonnement doit être polarisé verticalement à la source.

1.1.8 Les stations qui utilisent l'appel sélectif numérique possèdent les caractéristiques suivantes:

a) détection de la présence d'un signal sur la fréquence 156,525 MHz (voie 70), et

b) interdiction automatique de l'émission d'un appel, sauf pour la détresse et la sécurité, quand la voie est occupée par des appels.

1.2 Emetteurs

1.2.1 La tolérance de fréquence des émetteurs des stations côtières ne doit pas dépasser 5×10^{-6}, celle des émetteurs des stations de navire ne doit pas dépasser 10×10^{-6}.

1.2.2 Le niveau d'un rayonnement non essentiel sur une fréquence discrète quelconque, mesuré dans une charge non réactive égale à l'impédance de sortie nominale de l'émetteur, doit être conforme aux clauses de l'Appendice S3 [Appendice 8] RR.

1.2.3 La puissance de l'onde porteuse de l'émetteur d'une station côtière ne doit pas dépasser normalement 50 W.

1.2.4 La puissance de l'onde porteuse de l'émetteur d'une station de navire ne doit pas dépasser 25 W. Des mesures adéquates devront permettre de réduire facilement cette puissance à 1 W, ou moins, dans le cas des liaisons à courte distance, sauf pour les matériels d'appel sélectif numérique fonctionnant sur 156,525 MHz (voie 70) pour lesquels la possibilité de réduction de la puissance est facultative (voir également le § 3.7 du dispositif de la Recommandation UIT-R M.541).

1.2.5 La limite supérieure de la bande des audiofréquences ne doit pas dépasser 3 kHz.

1.2.6 La puissance rayonnée par les coffrets ne doit pas dépasser 25 µW. Dans certains environnements radioélectriques, des valeurs plus basses peuvent être nécessaires.

1.3 Récepteurs

1.3.1 La sensibilité de référence doit être égale ou inférieure à 2,0 µV (f.é.m.) pour un rapport signal/bruit de référence donné à la sortie du récepteur.

1.3.2 La sélectivité des voies adjacentes doit être d'au moins 70 dB.

1.3.3 L'affaiblissement de la réponse parasite doit être d'au moins 70 dB.

1.3.4 L'affaiblissement des produits d'intermodulation aux fréquences radioélectriques doit être d'au moins 65 dB.

1.3.5 La puissance d'un rayonnement non essentiel, mesurée aux bornes de l'antenne, ne doit pas dépasser 2,0 nW pour toute fréquence discrète. Dans certains environnements radioélectriques, des valeurs plus basses peuvent être nécessaires.

1.3.6 La puissance apparente rayonnée d'un rayonnement non essentiel dans les coffrets sur une fréquence quelconque jusqu'à 70 MHz ne doit pas dépasser 10 nW. Au-delà de 70 MHz, les rayonnements non essentiels ne doivent pas dépasser 10 nW, de plus de 6 dB/octave à une fréquence quelconque jusqu'à 1 000 MHz. Dans certains environnements radioélectriques, des valeurs plus basses peuvent être nécessaires;

2 que référence soit aussi faite aux Recommandations UIT-R SM.331 et UIT-R SM.332 et aux publications pertinentes de la CEI sur les méthodes de mesure.

RECOMMANDATION UIT-R M.492-6*

PROCÉDURES D'EXPLOITATION DES ÉQUIPEMENTS TÉLÉGRAPHIQUES À IMPRESSION DIRECTE DANS LE SERVICE MOBILE MARITIME

(Question UIT-R 5/8)

(1974-1978-1982-1986-1990-1992-1995)

Résumé

Cette Recommandation décrit dans l'Annexe 1 les procédures d'exploitation des équipements télégraphiques à impression directe utilisés pour les communications entre un navire et une station côtière en mode ARQ sélectif par des moyens automatiques ou semi-automatiques, ou plusieurs stations de navire ou un seul navire en mode diffusion CED. Elle spécifie également l'interfonctionnement entre des équipements dont les caractéristiques techniques sont conformes aux Recommandations UIT-R M.476 et UIT-R M.625. L'Appendice 1 décrit les procédures d'établissement des communications.

L'Assemblée des radiocommunications de l'UIT,

considérant

a) que des services de télégraphie à impression directe à bande étroite utilisant l'équipement décrit dans les Recommandations UIT-R M.476, UIT-R M.625 et UIT-R M.692 sont en fonctionnement;

b) qu'un système télégraphique amélioré à impression directe à bande étroite assurant l'identification automatique et capable d'utiliser des numéros d'identité des stations de navire à 9 chiffres est décrit dans la Recommandation UIT-R M.625;

c) qu'il y a lieu de s'entendre sur les procédures d'exploitation nécessaires pour ces services;

d) que les procédures d'exploitation devraient être, dans la mesure du possible, similaires pour tous les services et pour toutes les bandes de fréquences (on pourra être amené à appliquer des procédures d'exploitation différentes dans les bandes de fréquences autres que les bandes décamétriques et hectométriques);

e) l'existence d'un grand nombre d'équipements conformes à la Recommandation UIT-R M.476;

f) que l'interfonctionnement entre les équipements conformes aux Recommandations UIT-R M.476 et UIT-R M.625 est nécessaire, du moins pendant une période de transition,

recommande

1 que les procédures d'exploitation indiquées dans l'Annexe 1 soient observées pour l'utilisation, dans les bandes d'ondes hectométriques et décamétriques du service mobile maritime, d'équipements télégraphiques à impression directe à bande étroite, conformément aux dispositions de la Recommandation UIT-R M.476 ou de la Recommandation UIT-R M.625.

2 que dans le cas de l'utilisation de systèmes de télégraphie à impression directe ou de systèmes similaires dans une bande de fréquences attribuée au service mobile maritime, l'appel puisse être émis, selon accord préalable, sur une fréquence de travail dont ces systèmes peuvent disposer.

* Cette Recommandation doit être portée à l'attention de l'Organisation maritime internationale (OMI) et du Secteur de la normalisation des télécommunications (UIT-T).

ANNEXE 1

Procédures d'exploitation

1 Mode A (ARQ)

1.1 L'établissement de communications télégraphiques à impression directe à bande étroite entre une station de navire et une station côtière selon le mode ARQ devrait s'effectuer par des moyens entièrement automatiques ou semi-automatiques, dans la mesure où une station de navire est censée avoir directement accès à une station côtière sur une fréquence de réception de station côtière et où une station côtière est censée avoir directement accès à une station de navire sur une fréquence d'émission de station côtière.

1.2 Toutefois, si nécessaire, un contact préliminaire par télégraphie morse, par radiotéléphonie ou par d'autres moyens n'est pas exclu.

1.3 La connexion avec un téléimprimeur distant par un circuit spécialisé ou avec un abonné du réseau télex international peut être réalisée par des moyens manuels, semi-automatiques ou automatiques.

NOTE 1 – Avant de pouvoir mettre en exploitation un service automatique international, un accord devra intervenir sur des plans de numérotage et d'acheminement ainsi que sur la tarification. Ces problèmes devraient être étudiés à la fois par l'UIT-T et l'UIT-R.

NOTE 2 – Les Recommandations UIT-R M.476 (§ 3.1.5) et UIT-R M.625 (§ 3.8) prévoient le rétablissement automatique des circuits radioélectriques par remise en phase en cas d'interruption. On a cependant fait connaître que, dans certains pays, cette procédure a donné lieu à des difficultés techniques et d'exploitation lorsque les circuits radioélectriques sont prolongés dans le réseau public avec commutation ou aboutissent à certains types d'équipements automatiques de commutation ou d'enregistrement et retransmission. Pour cette raison, certaines stations côtières n'acceptent pas les messages si la procédure de remise en phase est utilisée.

NOTE 3 – Lorsqu'une communication est établie dans le mode ARQ avec le réseau télex international par l'intermédiaire d'une station côtière, il convient, dans la mesure où cela est réalisable en pratique, d'observer les conditions générales à respecter pour l'interface spécifiées dans la Recommandation UIT-T U.63.

1.4 Dans les cas où, en vertu d'un arrangement préalable, les communications d'une station côtière à une station de navire ou entre deux stations de navire doivent pouvoir s'écouler sans la présence d'un opérateur, le récepteur de la station de navire devrait être réglé sur la fréquence d'émission de l'autre station et son émetteur doit être en position d'attente, réglé ou apte à être réglé automatiquement sur la fréquence de réception de ce correspondant.

1.5 Dans le cas de l'exploitation sans présence d'un opérateur, une station côtière ou une station de navire qui désire appeler une station de navire devrait le faire normalement par appel sélectif, comme prévu dans les Recommandations UIT-R M.476 et UIT-R M.625. La station de navire concernée pourrait avoir du trafic mis en mémoire, prêt à être transmis automatiquement en réponse à un signal de la station appelante.

1.6 Dès la réception du signal «émission» déclenché par la station appelante, tout le trafic mis en mémoire dans l'équipement du navire pourrait être transmis.

1.7 A la fin de la communication, il conviendrait de transmettre un signal «fin de communication», sur quoi l'équipement du navire devrait revenir automatiquement en position d'attente.

1.8 Une station côtière peut émettre un signal «voie libre» lorsqu'il est nécessaire d'indiquer quel circuit est ouvert au trafic. Il convient, de préférence, de restreindre l'utilisation des signaux «voie libre» à un seul circuit par bande en ondes décamétriques et la durée de ces signaux doit être aussi brève que possible. Conformément aux dispositions de l'Article 18 du Règlement des radiocommunications et en raison de l'encombrement sur les fréquences disponibles pour l'impression directe à bande étroite dans les bandes des ondes décamétriques, il convient de ne pas utiliser les signaux «voie libre» dans les futurs systèmes prévus.

1.9 Le format du signal «voie libre» émis par la station côtière doit être composé de signaux du code de détection d'erreur à 7 moments, figurant au § 2 de l'Annexe 1 à la Recommandation UIT-R M.476 et au § 2 de l'Annexe 1 à la Recommandation UIT-R M.625. Trois de ces signaux doivent être groupés en un bloc, le signal du milieu étant le signal de «répétition de signal» (RQ), le premier signal du bloc étant l'un des deux signaux VXKMCF ou TBOZA et le troisième signal du bloc étant l'un des deux signaux VMPCYFS ou OIRZDA (voir la Recommandation UIT-R M.491). Ces signaux doivent être indiqués dans la Nomenclature des stations côtières de l'UIT.

Les nouveaux signaux doivent, de préférence, être choisis de manière à correspondre aux deux premiers chiffres du numéro d'identification à 4 chiffres de cette station côtière. Si cela est impossible parce que les caractères nécessaires ne figurent pas dans la liste ci-dessus, ou que ce n'est pas souhaité parce que cette combinaison est déjà utilisée par une autre station côtière, on utilisera de préférence une combinaison de caractères choisis parmi ceux de la liste ci-dessus, dans la deuxième partie de chaque rangée, c'est-à-dire TBOZA pour le premier signal et OIRZDA pour le troisième signal du bloc de la voie libre. Les signaux du bloc sont transmis à la rapidité de modulation de 100 Bd et les blocs sont séparés par des pauses de 240 ms. Pour les systèmes manuels, ce signal «voie libre» doit être interrompu soit par une période sans signal, soit par un signal ou des signaux permettant à un opérateur de reconnaître la condition «voie libre» à l'oreille. Un signal audible, par exemple un signal en Morse, peut être utilisé seul en tant que signal «voie libre» dans les systèmes manuels. Huit blocs au moins du signal à 7 moments doivent être transmis avant l'interruption.

1.10 En cas d'exploitation sur une seule fréquence, telle qu'elle est décrite dans la Recommandation UIT-R M.692, le signal «voie libre» doit être interrompu par des périodes d'écoute d'au moins 3 s.

1.11 La procédure générale d'établissement d'une communication entre des stations de navire et entre des stations de navire et des stations côtières est décrite ci-dessous; les aspects particuliers de cette procédure font l'objet de l'Appendice 1.

1.12 Procédures applicables à l'exploitation manuelle

1.12.1 Sens navire-station côtière

1.12.1.1 L'opérateur de la station de navire établit la communication avec la station côtière par télégraphie Morse de classe A1A, par téléphonie ou par un autre moyen, en appliquant les procédures normales d'appel. Il lui demande ensuite une communication à impression directe, échange avec elle des renseignements concernant les fréquences à utiliser et, le cas échéant, lui indique le numéro d'appel sélectif de la station de navire pour l'impression directe, attribué conformément à la Recommandation UIT-R M.476 ou UIT-R M.625 selon le cas, ou l'identité de la station de navire assignée conformément aux dispositions de la Préface de la Liste VII A.

1.12.1.2 L'opérateur de la station côtière établit alors la communication à impression directe sur la fréquence décidée d'un commun accord, en utilisant l'identification appropriée du navire.

1.12.1.3 L'opérateur de la station de navire peut également avoir recours à l'équipement à impression directe pour appeler la station côtière sur une fréquence de réception prédéterminée de celle-ci; il utilise alors le signal d'identification de la station côtière attribué conformément à la Recommandation UIT-R M.476 ou UIT-R M.625 selon le cas, ou l'identité de la station côtière assignée conformément aux dispositions de la Préface de la Liste VII A.

1.12.1.4 L'opérateur de la station côtière établit alors la communication à impression directe sur la fréquence d'émission correspondante de sa station.

1.12.2 Sens station côtière-navire

1.12.2.1 L'opérateur de la station côtière appelle la station de navire par télégraphie Morse de classe A1A, par téléphonie ou par un autre moyen, en appliquant les procédures normales d'appel.

1.12.2.2 L'opérateur de la station de navire applique alors les procédures décrites aux § 1.12.1.1 ou 1.12.1.3.

1.12.3 Communications entre navires

1.12.3.1 L'opérateur de la station de navire appelante établit la communication avec la station de navire appelée par télégraphie Morse de classe AlA, par téléphonie ou par un autre moyen, en appliquant les procédures normales d'appel. Il lui demande ensuite une communication à impression directe, échange avec elle des renseignements concernant les fréquences à utiliser et, le cas échéant, lui indique le numéro d'appel sélectif de sa station à utiliser pour l'impression directe, numéro assigné conformément à la Recommandation UIT-R M.476 ou UIT-R M.625 selon le cas, ou l'identité de la station de navire assignée conformément aux dispositions de la Préface de la Liste VII A.

1.12.3.2 L'opérateur de la station de navire appelée établit alors la communication à impression directe sur la fréquence décidée d'un commun accord, en utilisant l'identification appropriée du navire appelant.

1.13 Procédures applicables à l'exploitation automatique

1.13.1 Sens navire-station côtière

1.13.1.1 La station de navire appelle la station côtière sur une fréquence de réception prédéterminée de celle-ci, en recourant à l'équipement à impression directe et en utilisant le signal d'identification attribué à la station côtière conformément à la Recommandation UIT-R M.476 ou UIT-R M.625 selon le cas, ou l'identité de la station côtière assignée conformément aux dispositions de la Préface de la Liste VII A.

1.13.1.2 L'équipement à impression directe de la station côtière détecte l'appel et la station côtière répond directement, soit automatiquement, soit par un procédé manuel, sur sa fréquence d'émission correspondante.

1.13.2 Sens station côtière-navire

1.13.2.1 La station côtière appelle la station de navire sur une fréquence d'émission prédéterminée de station côtière, en recourant à l'équipement à impression directe et en utilisant le numéro d'appel sélectif de la station de navire pour l'impression directe, attribué conformément à la Recommandation UIT-R M.476 ou UIT-R M.625 selon le cas, ou l'identité de la station de navire assignée conformément aux dispositions de la Préface de la Liste VII A.

1.13.2.2 L'équipement à impression directe de la station de navire, accordé pour recevoir la fréquence d'émission prédéterminée de la station côtière, détecte l'appel; la station de navire répond alors selon l'une ou l'autre des méthodes suivantes:

a) elle répond soit immédiatement sur la fréquence de réception correspondante de la station côtière, soit après un certain délai, selon la procédure décrite au § 1.12.1.3; ou

b) son émetteur se met en marche automatiquement sur la fréquence de réception correspondante de la station côtière; l'équipement à impression directe du navire émet alors des signaux appropriés pour indiquer qu'il est prêt à recevoir le trafic par voie automatique.

1.14 Forme des messages

1.14.1 Lorsque la station côtière dispose des installations appropriées, le trafic peut être échangé avec le réseau télex:

a) soit selon le mode «conversation»: les stations intéressées sont alors directement reliées, automatiquement ou manuellement;

b) soit selon le mode «enregistrement et retransmission»: les messages sont alors mis en mémoire à la station côtière jusqu'à ce qu'un circuit puisse être établi automatiquement ou manuellement avec le poste appelé.

1.14.2 Dans le sens station côtière-navire, il convient que la forme des messages soit conforme à celle qui est normalement utilisée dans le réseau télex (voir l'Appendice 1, § 2).

1.14.3 Dans le sens navire-station côtière, il convient que la forme des messages soit conforme aux procédures d'exploitation spécifiées dans l'Appendice 1, § 1.

2 Mode B (correction d’erreur directe (CED))

2.1 Par arrangement préalable, les messages, précédés si on le désire du numéro d'appel sélectif du ou des navire(s) concerné(s), peuvent être émis dans le mode B, par une station côtière ou une station de navire vers une ou plusieurs stations de navire, dans les cas suivants:

2.1.1 lorsqu'une station de navire à laquelle du trafic est destiné n'a pas le droit ou n'a pas la possibilité d'utiliser son émetteur;

2.1.2 lorsque les communications sont destinées à plusieurs navires;

2.1.3 lorsque la réception sans opérateur en mode B est requise et que l'accusé de réception automatique n'est pas nécessaire.

En pareils cas, les récepteurs des stations de navire devraient être réglés sur la fréquence d'émission de la station côtière ou de la station de navire.

2.2 Tous les messages transmis en mode B devraient commencer par le signal «retour du chariot» et le signal «changement de ligne».

2.3 Quand la station de navire reçoit des signaux de mise en phase dans le mode B, son téléimprimeur devrait être mis en marche automatiquement; il devrait s'arrêter automatiquement dès la fin de la réception de ces signaux.

2.4 Les stations de navire peuvent accuser réception des messages transmis en mode B par télégraphie Morse de classe A1A, par téléphonie ou par tout autre moyen.

3 Interfonctionnement entre équipements conformes aux Recommandations UIT-R M.476 et UIT-R M.625

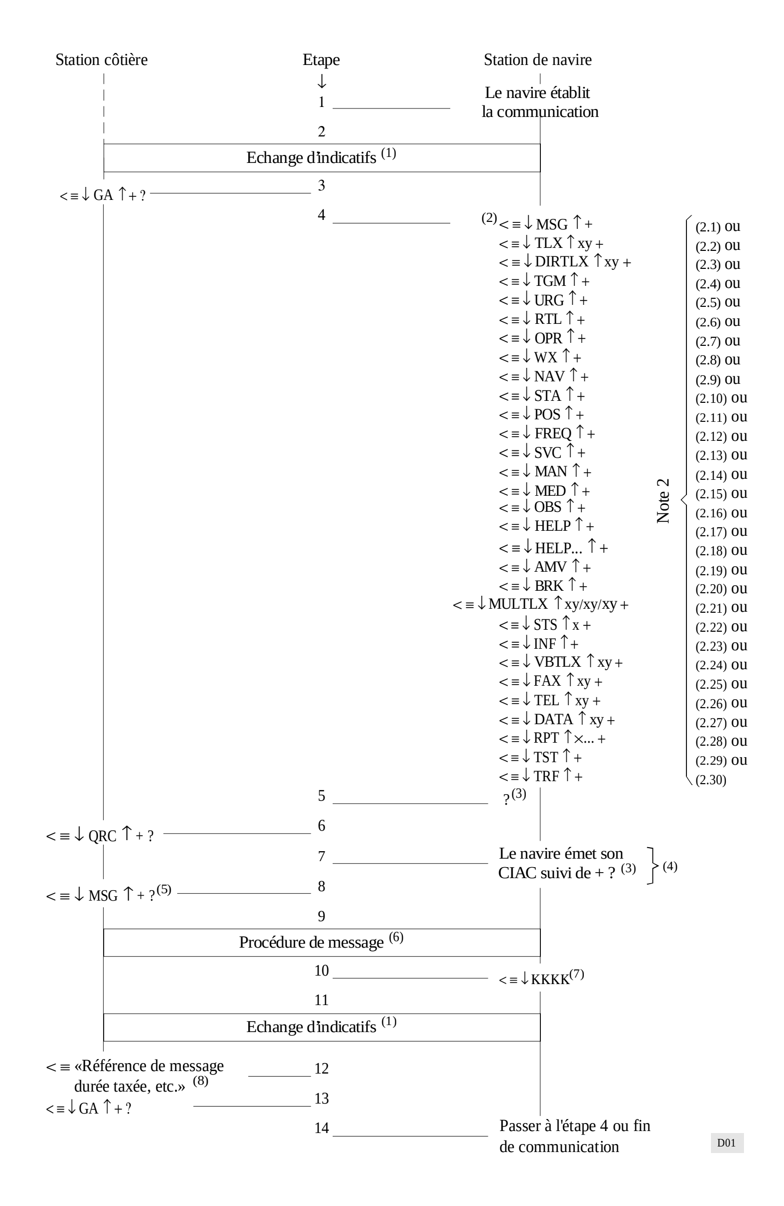
3.1 La Recommandation UIT-R M.625 concerne l'interfonctionnement automatique avec un équipement conforme à la Recommandation UIT-R M.476. Le critère qui permet de déterminer si l'une des deux stations ou les deux stations à la fois sont du type spécifié dans la Recommandation UIT-R M.476, est la longueur du signal d'appel et la composition des blocs d'appels.

3.2 Si les deux stations ont un équipement conforme à la Recommandation UIT-R M.625, l'identification automatique de la station fait partie des procédures d'établissement automatique de l'appel. Toutefois, si l'une des stations ou les deux stations ont des équipements conformes à la Recommandation UIT-R M.476, aucune identification automatique de la station ne se produit. Pour cette raison, et puisque la Recommandation UIT-R M.625 prévoit l'utilisation de l'identité de navire à 9 chiffres pour le signal d'appel de l'équipement à impression directe, il est souhaitable que tous les nouveaux équipements soient conformes à la Recommandation UIT-R M.625 le plus tôt possible.

3.3 Pour assurer l'entière compatibilité avec le grand nombre d'équipements existants, il faudra assigner à ces nouvelles stations une identité à 9 chiffres ainsi qu'une identité à 5 (ou 4) chiffres (c'est-à-dire des signaux d'appel à 7 et à 4 signaux). Ces deux signaux d'appel devront figurer dans les nomenclatures des stations de navire et des stations côtières.

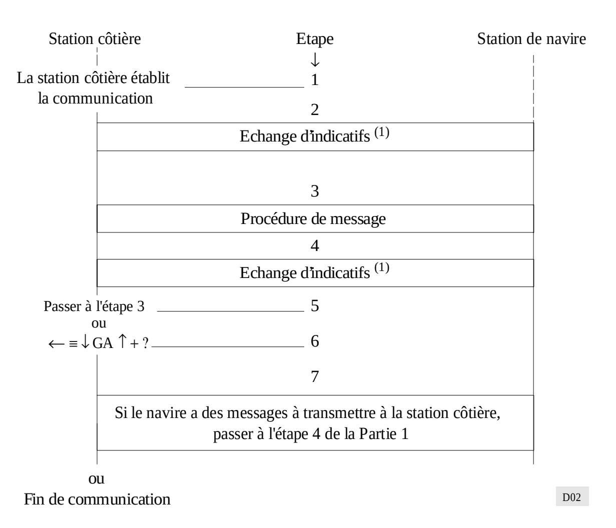
APPENDICE 1

1 Procédure d'établissement d'une communication dans le sens navire-station côtière



2 Procédure d'établissement d'une communication dans le sens station côtière-station de navire

Dans le sens station côtière-station de navire, il est possible que l'on doive utiliser le mode enregistrement et retransmission en raison du fait que les conditions de propagation radioélectrique peuvent ne pas permettre l'établissement d'une communication au moment voulu.



Notes relatives aux § 1 et 2:

(1) a) En fonctionnement automatique, l'échange d'indicatifs est déclenché et commandé par la station côtière. Pour les communications établies par la station de navire, l'échange d'indicatifs en fonctionnement manuel peut être déclenché par la station de navire.

Pour les communications établies par la station côtière, l'échange d'indicatifs en fonctionnement manuel est déclenché par la station côtière, qui détermine ainsi l'ordre dans lequel l'échange d'indicatifs a lieu.

b) Indicatif défini dans les Recommandations UIT-T F.130 pour les stations de navire et UIT-T F.60 pour les stations côtières.

(2) Une station côtière n'offre pas nécessairement toutes les facilités indiquées. Cependant, lorsque certaines facilités sont offertes, les codes correspondants indiqués doivent être utilisés. On notera toutefois que la facilité «HELP» doit toujours être disponible.

(2.1) La séquence MSG indique que la station de navire a besoin de recevoir immédiatement tous les messages conservés, le cas échéant, pour elle dans la station côtière.

(2.2) La séquence TLX ↑ xy indique que le message qui suit, doit faire l'objet d'une connexion immédiate avec un système d'enregistrement et retransmission situé dans la station côtière.

Le signal y indique le numéro télex national de l'abonné.

Le signal x est utilisé, le cas échéant, pour indiquer l'indicatif de pays (voir la Recommandation UIT-T F.69) précédé de 0 (s'il y a lieu). Lorsque le système d'enregistrement et retransmission est éloigné de la station côtière, la séquence TLX seule peut être utilisée.

La séquence TLXA peut, à titre facultatif, être utilisée à la place de la séquence TLX qui indique que le navire souhaite être informé (par les procédures côtière-navire normales) de la remise du message au numéro télex indiqué.

(2.3) La séquence DIRTLX ↑ xy indique qu'une communication télex directe est demandée.

Le signal y indique le numéro télex national de l'abonné.

Le signal x est utilisé, le cas échéant, pour indiquer l'indicatif de pays (voir la Recommandation UIT-T F.69) précédé de 0 (s'il y a lieu).

La séquence RDL + peut, à titre facultatif, être utilisée pour indiquer que le dernier numéro télex xy de la séquence DIRTLX ↑ xy doit être recomposé.

(2.4) La séquence TGM indique que le message qui suit est un radiotélégramme.

(2.5) La séquence URG indique que la station de navire doit être reliée immédiatement à un opérateur d'assistance manuelle et une alarme audible peut être déclenchée. Ce code ne doit être utilisé que dans les cas d'urgence.

(2.6) La séquence RTL indique que le message qui suit est une lettre radiotélex.

(2.7) La séquence OPR indique qu'une connexion avec un opérateur d'assistance manuelle est demandée.

(2.8) La séquence WX indique que la station de navire a besoin de recevoir immédiatement des renseignements météorologiques.

(2.9) La séquence NAV indique que la station de navire a besoin de recevoir immédiatement des avis aux navigateurs.

(2.10) La séquence STA indique que la station de navire a besoin de recevoir immédiatement un rapport indiquant la situation de tous les messages avec enregistrement et retransmission qui ont été envoyés par cette station de navire mais pour lesquels elle n'a encore reçu aucune information de retransmission ou de non-remise (voir également (6)). La séquence STA ↑ x peut être également utilisée lorsque la station de navire a besoin de recevoir immédiatement un rapport donnant la situation d'un message, x indiquant la référence du message fournie par la station côtière.

(2.11) La séquence POS indique que le message qui suit contient la position du navire. Certaines administrations utilisent cette information pour faciliter la transmission ou la réception automatique ultérieure de messages (par exemple, pour calculer la fréquence de trafic optimale et/ou déterminer les antennes directives qui conviennent le mieux).

(2.12) La séquence FREQ indique que le message qui suit indique la fréquence sur laquelle le navire assure la veille.

(2.13) La séquence SVC indique que le message qui suit est un message de service (pour attention manuelle ultérieure).

(2.14) La séquence MAN indique que le message qui suit doit être enregistré et retransmis manuellement à un pays dont l'accès n'est pas automatique.

(2.15) La séquence MED indique qu'un message médical urgent suit.

(2.16) La séquence OBS indique que le message qui suit doit être envoyé à l'organisation météorologique.

(2.17) La séquence HELP indique que la station de navire a besoin de recevoir immédiatement une liste des facilités offertes par le système.

(2.18) Si des renseignements sont nécessaires en ce qui concerne l'application de procédures pour certaines facilités de la station côtière, des détails supplémentaires peuvent être obtenus par le code de facilité HELP suivi du code de facilité approprié pour lequel des renseignements sont nécessaires, par exemple: < ≡ ↓ HELP DIRTLX ↑ + indique que la station de navire a besoin de renseignements sur les procédures/actions de l'opérateur du navire pour commander une connexion en mode dialogue avec un abonné du réseau télex via la station côtière.

(2.19) La séquence AMV indique que le message qui suit doit être envoyé à l'organisation AMVER.

(2.20) La séquence BRK indique que l'utilisation du trajet radioélectrique doit être immédiatement supprimée (cette séquence est utilisée quand l'opérateur de navire ne peut se servir que d'un téléimprimeur pour commander l'équipement ARQ).

(2.21) MULTLX ↑ xy/xy/xy + indique que le message qui suit est un message d'adresses multiples destiné à être transmis immédiatement à un système d'enregistrement et de retransmission situé dans la station côtière.

Le signal y indique le numéro télex national de l'abonné.

Le signal x est utilisé, le cas échéant, pour indiquer l'indicatif de pays (voir la Recommandation UIT-T F.69) précédé de 0 (s'il y a lieu).

Chaque séquence de signaux xy distincte indique un numéro télex différent auquel le même message doit être transmis. Au moins deux numéros télex distincts doivent être inclus.

La séquence MULTLXA peut, à titre facultatif, être utilisée à la place de la séquence MULTLX qui indique que le navire souhaite être informé (par les procédures côtière-navire normales) de la remise des messages aux numéros télex indiqués.

(2.22) STS ↑ x + indique que le message qui suit doit être transmis à un navire au moyen d'un système d'enregistrement et de retransmission situé dans la station côtière. x indique le numéro d'identification à 5 ou à 9 chiffres du navire appelé.

(2.23) INF indique que la station de navire a besoin de recevoir immédiatement des renseignements en provenance de la base de données de la station côtière. Certaines administrations fournissent divers renseignements provenant de différentes bases de données, auquel cas une liste d'annuaires est renvoyée dans la séquence INF et un code subséquent de facilité est utilisé pour la sélection de l'information désirée.

(2.24) VBTLX ↑ xy indique que le message qui suit doit être dicté par la station côtière à un numéro téléphonique de messagerie vocale, de sorte que le destinataire puisse le retrouver ultérieurement, et qu'une copie du message doit être envoyée au numéro télex xy. Le numéro téléphonique de banque vocale doit être inclus dans la première ligne du texte du message.

(2.25) FAX ↑ xy indique que le message qui suit doit être envoyé via le RTPC par télécopie au numéro de téléphone xy.

(2.26) TEL ↑ xy indique que le message qui suit doit être téléphoné par la station côtière au numéro de téléphone xy.

(2.27) DATA ↑ xy indique que le message qui suit doit être transmis par la station côtière au moyen des facilités de données sous forme de données au numéro d'abonné téléphone xy (via le RTPC).

(2.28) RTP ↑ x… indique que le navire a besoin de recevoir, en mode ARQ, un message identifié déterminé (par exemple un message transmis précédemment en mode CED), s'il est encore disponible pour retransmission automatique, x… sert à identifier le message.

(2.29) TST indique que le navire a besoin de recevoir un message d'essai transmis automatiquement (par exemple, «the quick brown fox…»).

(2.30) TRF indique que la navire a besoin de recevoir des renseignements, transmis automatiquement, sur les tarifs généralement applicables à la station côtière.

(3) Le symbole «?» est inutile pour une station côtière automatique. En général, nécessaire seulement pour les systèmes manuels.

(4) Dans le cas où la station côtière d'information sur le code d'identification de l'autorité responsable de la comptabilité (CIAC) correspondant, ces renseignements doivent être fournis par l'opérateur du navire dès réception de la combinaison < ≡ ↓ QRC ↑ + transmise par la station côtière.

Certaines stations côtières peuvent demander des informations complémen-taires, comme le nom du navire, l'indicatif d'appel, etc.

(5) Cette séquence peut, le cas échéant, être précédée par des interrogations appropriées ou par une information de sélection de facilité et, s'il y a lieu, par toute réponse consécutive de la station de navire, ou être supprimée lorsqu'elle est sans objet (par exemple, quand les codes de facilité WX, NAV, STA, MSG ou HELP sont introduits à l'étape 4). Si le code de facilité DIRTLX ↑ xy a été introduit à l'étape 4, cette séquence peut être remplacée par l'indicatif de l'extrémité éloignée ou par un signal de service quelconque (par exemple, NC, OCC, etc.), reçu du réseau télex.

(6) La procédure de message dépend du type de facilité utilisé:

Pour la séquence TLX, si le système d'enregistrement et retransmission est éloigné de la station côtière, on peut appliquer la Recommandation UIT-T F.72. Si le système d'enregistrement et retransmission est situé dans la station côtière, le contenu d'information complet du message envoyé pendant cette étape sera transmis à l'abonné dont le numéro de télex est donné par xy.

Pour la séquence DIRTLX, voir la Recommandation UIT-T F.60.

Pour la séquence TGM, voir les Recommandations UIT-T F.1 et UIT-T F.31 .

Pour les séquences SVC et MED, le message sera normalement en langage clair et aucune procédure de message particulière n'est nécessaire.

Pour la séquence RTL, le message sera le texte en langage clair, mais il devra inclure l'adresse postale du destinataire.

Pour la séquence STA, l'information d'état appropriée est envoyée au navire conformément à la Recommandation UIT-T F.72, § 11.3 et 11.4.

Pour les séquences POS et FREQ, on peut appliquer des procédures nationales particulières.

(7) Cette séquence de 4 K «KKKK» (4 signaux de la combinaison N° 11 dans la série des lettres) indique que toute connexion de réseau doit être libérée, que le trajet radioélectrique doit être maintenu et qu'il faut passer immédiatement à l'étape 11 de la procédure. Cette séquence peut être utilisée à d'autres moments de la procédure, auquel cas celle-ci revient à l'étape 3.

(8) Cette étape est facultative et peut ne pas s'appliquer à toutes les facilités.

RECOMMANDATION UIT-R P.525-2*

CALCUL DE LA PROPAGATION EN ESPACE LIBRE

(1978-1982-1994)

L'Assemblée des radiocommunications de l'UIT,

considérant

a) que la propagation en espace libre est une référence fondamentale pour la technique des radiocommunications,

recommande

1. d'utiliser les méthodes exposées dans l'Annexe 1 pour calculer l'affaiblissement en espace libre.

ANNEXE 1

1. Introduction

Comme la propagation en espace libre est souvent prise comme référence dans d'autres textes, on a rassemblé dans la présente Annexe certaines formules pertinentes.

2. Formules fondamentales pour les liaisons de télécommunication

La propagation en espace libre peut être calculée de deux façons différentes, chacune d'elles étant plus spécialement adaptée à un type de service.

2.1 Liaisons point à zone

S'il existe un émetteur desservant de nombreux récepteurs distribués de façon aléatoire (radiodiffusion, service mobile), on calcule le champ en un point situé à une distance appropriée de l'émetteur par la relation:

$$e = \frac{\sqrt{30p}}{d} \tag{1}$$

où:

e : valeur efficace du champ (V/m) (voir la Note 1)

p : puissance isotrope rayonnée équivalente (p.i.r.e.) dans la direction du point en question (W) (voir la Note 2)

d : distance de l'émetteur au point en question (m).

L'équation (1) est souvent remplacée par la formule (2) qui utilise des unités pratiques:

$$e_{mV/m} = 173 \frac{\sqrt{p_{kW}}}{d_{km}} \tag{2}$$

Pour les antennes fonctionnant dans les conditions de propagation en espace libre, on peut obtenir la force cymomotrice en multipliant e et d de l'équation (1). Elle s'exprime en volts.

---

* La Commission d'études 3 des radiocommunications a apporté des modifications rédactionnelles à cette Recommandation en 2000 conformément aux dispositions de la Résolution UIT-R 44.

Note 1 – Si l'onde est à polarisation elliptique et non rectiligne et si on désigne par e_x et e_y, les composantes du champ électrique suivant deux axes orthogonaux, le premier membre de l'équation (1) doit être remplacé par $\sqrt{e_x^2 + e_y^2}$. On ne peut en déduire e_x et e_y que si on connaît le taux d'ellipticité. Pour une polarisation circulaire, on devrait remplacer e par $e\sqrt{2}$.

Note 2 – Pour les antennes situées à la surface du sol et fonctionnant à des fréquences relativement basses en polarisation verticale, on ne considère généralement le rayonnement que dans le demi-espace supérieur. On doit tenir compte de ce fait pour déterminer la p.i.r.e. (voir la Recommandation UIT-R P.368).

2.2 Liaisons point à point

Avec une liaison point à point, il est préférable de calculer l'affaiblissement en espace libre entre antennes isotropes, appelé aussi affaiblissement d'espace libre (symboles: L_{bf} ou A_0), de la manière suivante:

$$A_0 = 20 \log \left(\frac{4\pi\, d}{\lambda} \right) \qquad \text{dB} \tag{3}$$

où:

A_0 : affaiblissement d'espace libre (dB)

d: distance

λ: longueur d'onde

d et λ sont exprimés avec la même unité.

L'équation (3) peut encore s'écrire en utilisant la fréquence au lieu de la longueur d'onde.

$$A_0 = 32{,}4 + 20 \log f + 20 \log d \qquad \text{dB} \tag{4}$$

où:

f: fréquence (MHz)

d: distance (km).

2.3 Relations entre les caractéristiques d'une onde plane

En outre, il existe des relations entre les caractéristiques d'une onde plane (ou d'une onde assimilable à une onde plane) en un point:

$$s = \frac{e^2}{120\pi} = \frac{4\pi\, p_r}{\lambda^2} \tag{5}$$

où:

s: puissance surfacique (W/m^2)

e: valeur efficace du champ (V/m)

p_r: puissance (W) captée par une antenne isotrope placée en ce point

λ: longueur d'onde (m).

3. Affaiblissement de propagation en espace libre d'un système radar (symboles: L_{br} ou A_{0r})

Les systèmes radar constituent un cas particulier, car le signal y subit un premier affaiblissement sur son trajet entre l'émetteur et la cible et un second affaiblissement sur son trajet entre la cible et le récepteur. Pour un radar utilisant la même antenne à l'émission et à la réception, on peut exprimer l'affaiblissement d'espace libre A_{0r}:

$$A_{0r} = 103{,}4 + 20 \log f + 40 \log d - 10 \log \sigma \qquad \text{dB} \tag{6}$$

où:

σ: section droite de la cible radar (m^2)

d: distance entre le radar et la cible (km)

f: fréquence du système (MHz).

La section droite de cible radar d'un objet est le rapport de la puissance totale diffusée isotrope équivalente à la puissance surfacique incidente.

4. Formules de conversion

Sur la base d'une propagation d'espace libre, il est possible d'utiliser les formules de conversion ci-après:

Champ correspondant à une puissance isotrope rayonnée émise donnée:

$$E = P_t - 20 \log d + 74{,}8 \tag{7}$$

Puissance isotrope reçue pour un champ donné:

$$P_r = E - 20 \log f - 167{,}2 \tag{8}$$

Affaiblissement d'espace libre pour une puissance isotrope rayonnée et un champ donnés:

$$A_0 = P_t - E + 20 \log f + 167{,}2 \tag{9}$$

Puissance surfacique pour un champ donné:

$$S = E - 145{,}8 \tag{10}$$

où:

P_t: puissance isotrope rayonnée (dB(W))

P_r: puissance isotrope reçue (dB(W))

E: champ électrique (dB(μV/m))

f: fréquence (GHz)

d: longueur du trajet radioélectrique (km)

A_0: affaiblissement de propagation en espace libre (dB)

S: puissance surfacique (dB(W/m^2))

Il est à noter que l'on peut utiliser les équations (7) et (9) pour déterminer l'équation (4).

RECOMMANDATION UIT-R P.526-11

Propagation par diffraction

(Question UIT-R 202/3)

(1978-1982-1992-1994-1995-1997-1999-2001-2003-2005-2007-2009)

Domaine d'application

La présente Recommandation contient plusieurs modèles permettant au lecteur d'évaluer les effets de la diffraction sur le champ reçu. Ces modèles peuvent être appliqués à différents types d'obstacles et à différentes géométries du trajet.

L'Assemblée des radiocommunications de l'UIT,

considérant

a) qu'il est nécessaire de fournir des renseignements d'ingénierie pour le calcul du champ sur des trajets avec diffraction,

recommande

1 que les méthodes décrites dans l'Annexe 1 soient utilisées pour le calcul du champ sur des trajets avec diffraction, lesquels peuvent comporter une surface terrestre sphérique ou un terrain irrégulier qui comprend éventuellement différentes sortes d'obstacles.

Annexe 1

1 Introduction

Bien que la diffraction soit produite seulement par la surface du sol ou par d'autres obstacles, on doit tenir compte de la réfraction moyenne de l'atmosphère le long du trajet pour évaluer ses caractéristiques géométriques dans son plan vertical (angle de diffraction, rayon de courbure, hauteur d'obstacle). A cet effet, le profil du terrain doit être tracé avec le rayon terrestre équivalent convenable (Recommandation UIT-R P.834). En l'absence d'autres indications, on peut tabler sur un rayon terrestre équivalent de 8 500 km.

2 Notions de base

La diffraction des ondes radioélectriques sur la surface de la Terre est affectée par les irrégularités du relief. Aussi, avant d'aller plus loin dans les méthodes de prévision pour ce mécanisme de propagation, quelques notions de base sont expliquées dans les paragraphes qui suivent.

2.1 Ellipsoïdes et zones de Fresnel

L'étude de la propagation des ondes radioélectriques entre deux points A et B conduit à subdiviser l'espace par une famille d'ellipsoïdes, appelés ellipsoïdes de Fresnel, ayant tous comme foyers les points A et B, tels qu'un point quelconque M d'un de ces ellipsoïdes satisfait la relation:

$$\text{AM} + \text{MB} = \text{AB} + n\frac{\lambda}{2} \tag{1}$$

dans laquelle n est un nombre entier qui caractérise l'ellipsoïde considéré ($n = 1$ correspond au premier ellipsoïde de Fresnel, etc.) et λ est la longueur d'onde.

Comme règle pratique, on considère que la propagation est en visibilité directe (LoS), c'est-à-dire avec des phénomènes de diffraction négligeables, s'il n'y a aucun obstacle à l'intérieur du premier ellipsoïde de Fresnel.

Une approximation du rayon d'un ellipsoïde, en un point situé entre l'émetteur et le récepteur en unités cohérentes, peut être donnée par la formule suivante:

$$R_n = \left[\frac{n\,\lambda\,d_1\,d_2}{d_1 + d_2}\right]^{1/2} \tag{2}$$

soit, en unités pratiques:

$$R_n = 550\left[\frac{n\,d_1\,d_2}{(d_1 + d_2)\,f}\right]^{1/2} \tag{3}$$

dans laquelle f est la fréquence (MHz), d_1 et d_2 sont les distances (km) de l'émetteur et du récepteur au point où l'on calcule le rayon de l'ellipsoïde (m).

Pour certains problèmes, on est amené à considérer des zones de Fresnel qui sont les zones obtenues en prenant l'intersection d'une famille d'ellipsoïdes par un plan. La zone d'ordre n est la partie comprise entre les courbes obtenues avec les ellipsoïdes n et $n - 1$ respectivement.

2.2 Largeur de la pénombre

La transition entre la lumière et l'ombre définit la région de la pénombre. Ce passage se fait le long d'une bande étroite (largeur de la pénombre) à la limite de l'ombre géométrique. La Fig. 1 montre la largeur de la pénombre (W) dans le cas d'un émetteur situé à une hauteur h au-dessus d'une Terre sphérique régulière de:

$$w = \left[\frac{\lambda a_e^2}{\pi}\right]^{1/3} \quad \text{m} \tag{4}$$

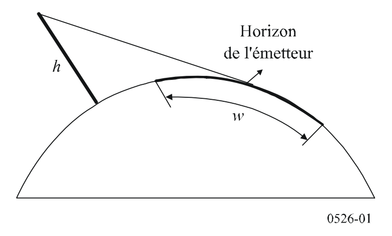
où

λ: longueur d'onde (m)

a_e: rayon équivalent de la Terre (m).

FIGURE 1

Définition de la largeur de la pénombre



2.3 Zone de diffraction

La zone de diffraction d'un émetteur s'étend de la distance en LoS où le dégagement du terrain est égal à 60% du rayon de la première zone de Fresnel, R_1, jusqu'à une distance bien au-delà de l'horizon de l'émetteur où le mécanisme de diffusion troposphérique devient prédominant.

2.4 Critère de régularité de la surface des obstacles

Si la surface de l'obstacle a des irrégularités ne dépassant pas Δh,

où:

$$\Delta h = 0{,}04 \left[R\lambda^2 \right]^{1/3} \quad \text{m} \tag{5}$$

où:

R: rayon de courbure de l'obstacle (m)

λ: longueur d'onde (m)

alors l'obstacle peut être considéré comme régulier et on peut utiliser les méthodes décrites aux § 3 et 4.2 pour calculer l'affaiblissement.

2.5 Obstacle isolé

Un obstacle peut être considéré comme isolé s'il n'y a pas d'interaction entre l'obstacle proprement dit et le terrain environnant. En d'autres termes, l'affaiblissement sur le trajet est uniquement dû à l'obstacle, sans aucune contribution du relief. Les conditions ci-après doivent être remplies:

– pas de chevauchement entre les largeurs de la pénombre associées à chaque terminal et le sommet de l'obstacle;
– le dégagement du trajet de part et d'autre des obstacles devrait être égal au moins à 0,6 du rayon de la première zone de Fresnel;
– aucune réflexion spéculaire de part et d'autre de l'obstacle.

2.6 Types de terrain

Selon la valeur numérique du paramètre Δh (voir la Recommandation UIT-R P.310) utilisée pour définir le degré d'irrégularité du terrain, on distingue trois types de terrain:

a) *Terrain régulier*

La surface de la Terre peut être considérée comme régulière si les irrégularités du terrain sont de l'ordre de $0{,}1R$, ou inférieures à cette valeur, où R est la valeur maximale du rayon de la première zone de Fresnel sur le trajet de propagation. Dans ce cas, le modèle de prévision est basé sur la diffraction sur une Terre sphérique (voir le § 3).

b) *Obstacles isolés*

Le profil du terrain du trajet de propagation se compose d'un ou de plusieurs obstacles isolés. Dans ce cas, selon la schématisation retenue pour caractériser les obstacles rencontrés sur le trajet de propagation, il convient d'utiliser les modèles de prévision décrits au § 4.

c) *Terrain vallonné*

Le profil se compose de plusieurs petits monts dont aucun ne constitue un obstacle important. Dans cette gamme de fréquences, la Recommandation UIT-R P.1546 convient pour la prévision du champ mais ne constitue pas une méthode de diffraction.

2.7 Intégrales de Fresnel

L'intégrale complexe de Fresnel est donnée par la formule:

$$F_c(\nu) = \int_0^{\nu} \exp\left(j \frac{\pi s^2}{2} \right) \mathrm{d}s = C(\nu) + jS(\nu) \tag{6}$$

où j est l'opérateur complexe égal à $\sqrt{-1}$ et $C(\nu)$ et $S(\nu)$ sont les intégrales de Fresnel en cosinus et en sinus définies par:

$$C(\nu) = \int_0^{\nu} \cos\left(\frac{\pi s^2}{2} \right) \mathrm{d}s \tag{7a}$$

$$S(\nu) = \int_0^{\nu} \sin\left(\frac{\pi s^2}{2} \right) \mathrm{d}s \tag{7b}$$

L'intégrale complexe de Fresnel $F_c(\nu)$ peut être évaluée par intégration numérique ou, avec une précision suffisante pour la plupart des besoins, pour ν positif en utilisant:

$$F_c(\nu) = \exp(jx) \sqrt{\frac{x}{4}} \sum_{n=0}^{11} \left[(a_n - jb_n) \left(\frac{x}{4} \right)^n \right] \qquad \text{pour} \quad 0 \leq x < 4 \tag{8a}$$

$$F_c(\nu) = \left(\frac{1+j}{2} \right) + \exp(jx) \sqrt{\frac{4}{x}} \sum_{n=0}^{11} \left[(c_n - jd_n) \left(\frac{4}{x} \right)^n \right] \qquad \text{pour} \quad x \geq 4 \tag{8b}$$

où:

$$x = 0{,}5\, \pi\, \nu^2 \tag{9}$$

et a_n, b_n, c_n et d_n sont les coefficients de Boersma donnés ci-après:

a_0 = +1,595769140	b_0 = -0,000000033	c_0 = +0,000000000	d_0 = +0,199471140
a_1 = -0,000001702	b_1 = +4,255387524	c_1 = -0,024933975	d_1 = +0,000000023
a_2 = -6,808568854	b_2 = -0,000092810	c_2 = +0,000003936	d_2 = -0,009351341
a_3 = -0,000576361	b_3 = -7,780020400	c_3 = +0,005770956	d_3 = +0,000023006
a_4 = +6,920691902	b_4 = -0,009520895	c_4 = +0,000689892	d_4 = +0,004851466
a_5 = -0,016898657	b_5 = +5,075161298	c_5 = -0,009497136	d_5 = +0,001903218
a_6 = -3,050485660	b_6 = -0,138341947	c_6 = +0,011948809	d_6 = -0,017122914
a_7 = -0,075752419	b_7 = -1,363729124	c_7 = -0,006748873	d_7 = +0,029064067
a_8 = +0,850663781	b_8 = -0,403349276	c_8 = +0,000246420	d_8 = -0,027928955
a_9 = -0,025639041	b_9 = +0,702222016	c_9 = +0,002102967	d_9 = +0,016497308
a_{10} = -0,150230960	b_{10} = -0,216195929	c_{10} = -0,001217930	d_{10} = -0,005598515
a_{11} = +0,034404779	b_{11} = +0,019547031	c_{11} = +0,000233939	d_{11} = +0,000838386

$C(\nu)$ et $S(\nu)$ peuvent être évalués pour des valeurs négatives de ν en notant que:

$$C(-\nu) = -C(\nu) \tag{10a}$$

$$S(-\nu) = -S(\nu) \tag{10b}$$

3 Diffraction sur une Terre sphérique

On peut calculer l'affaiblissement de transmission supplémentaire dû à la diffraction sur une Terre sphérique au moyen de la formule classique de la série des résidus. Un logiciel de calcul GRWAVE, disponible auprès de l'UIT, utilise la méthode complète. La Recommandation UIT-R P.368 contient un sous-ensemble des résultats de ce programme (pour les antennes proches du sol et à des fréquences inférieures).

La méthode de calcul numérique et la méthode de calcul nomographique qui peuvent être utilisées pour les fréquences ≥ 10 MHz sont décrites dans les paragraphes qui suivent. Pour les fréquences inférieures à 10 GHz, il faut toujours utiliser le logiciel GRWAVE. Les méthodes utilisées pour les trajets au-delà de l'horizon sont données au § 3.1. Une méthode de calcul numérique est décrite au § 3.1.1. Une méthode de calcul nomographique est décrite au § 3.2. La méthode décrite au § 3.2 s'applique à une terre lisse, quelle que soit la distance et pour des fréquences ≥ 10 MHz. Elle fait appel à la méthode numérique décrite au § 3.1.1.

3.1 Affaiblissement de diffraction pour des trajets au-delà de l'horizon

A de grandes distances au-delà de l'horizon, seul le premier terme de la série des résidus est important. Même à proximité de l'horizon ou au niveau de l'horizon, on peut utiliser cette approximation avec une erreur maximale d'environ 2 dB dans la plupart des cas.

Ce premier terme peut être écrit sous forme du produit d'un terme dépendant de la distance, F, et de deux termes dépendant du gain dû à la hauteur, G_T et G_R. Les § 3.1.1 et 3.1.2 indiquent comment ces termes peuvent être déduits de formules simples ou de nomogrammes.

3.1.1 Calculs numériques

3.1.1.1 Influence des caractéristiques électriques de la surface de la Terre

On peut déterminer l'importance de l'influence des caractéristiques électriques de la surface de la Terre influant sur l'affaiblissement de diffraction en calculant un facteur normalisé d'admittance de surface, K, donné par les formules:

en unités cohérentes:

$$K_H = \left(\frac{2\pi\, a_e}{\lambda}\right)^{-1/3} \left[(\varepsilon - 1)^2 + (60\,\lambda\,\sigma)^2\right]^{-1/4} \quad \text{pour la polarisation horizontale} \qquad (11)$$

et

$$K_V = K_H \left[\varepsilon^2 + (60\,\lambda\,\sigma)^2\right]^{1/2} \quad \text{pour la polarisation verticale} \qquad (12)$$

ou, en unités pratiques:

$$K_H = 0{,}36\,(a_e\, f)^{-1/3} \left[(\varepsilon - 1)^2 + (18\,000\,\sigma / f)^2\right]^{-1/4} \qquad (11a)$$

$$K_V = K_H \left[\varepsilon^2 + (18\,000\,\sigma / f)^2\right]^{1/2} \qquad (12a)$$

où:

a_e: rayon terrestre équivalent (km)

ε: permittivité relative équivalente

σ: conductivité équivalente (S/m)

f: fréquence (MHz).

Les valeurs caractéristiques de K sont indiquées à la Fig. 2.



FIGURE 2

Calcul de K

Si K est inférieur à 0,001, les caractéristiques électriques de la Terre sont sans influence. Si K est supérieur à 0,001 et inférieur à 1, il convient d'utiliser les formules appropriées données au § 3.1.1.2. Si K est supérieur à 1, la valeur du champ de diffraction calculée à l'aide de la méthode décrite au § 3.1.1.2 diffère des résultats que l'on obtient avec le programme informatique GRWAVE et la différence augmente rapidement au fur et à mesure que K augmente. Il convient d'utiliser le logiciel GRWAVE lorsque K est supérieur à 1, ce qui se produit uniquement dans le cas d'une polarisation verticale pour des fréquences inférieures à 10 MHz (trajets maritimes) ou inférieures à 200 kHz (trajets terrestres). Dans tous les autres cas, la méthode décrite au § 3.1.1.2 est valable.

3.1.1.2 Formules du champ de diffraction

Le champ de diffraction, E, par rapport au champ en espace libre, E_0, est donné par la formule:

$$20 \log \frac{E}{E_0} = F(X) + G(Y_1) + G(Y_2) \qquad \text{dB} \tag{13}$$

où X est la longueur normalisée du trajet entre les antennes situées à des hauteurs normalisées Y_1 et Y_2 (et où $20 \log \frac{E}{E_0}$ est en général négatif).

En unités cohérentes:

$$X = \beta \left(\frac{\pi}{\lambda \, a_e^2} \right)^{1/3} d \tag{14}$$

$$Y = 2 \beta \left(\frac{\pi^2}{\lambda^2 \; a_e} \right)^{1/3} h \tag{15}$$

soit, en unités pratiques:

$$X = 2{,}188 \beta \, f^{1/3} a_e^{-2/3} \, d \tag{14a}$$

$$Y = 9{,}575 \times 10^{-3} \beta \, f^{2/3} \, a_e^{-1/3} \; h \tag{15a}$$

où:

- d: longueur du trajet (km)
- a_e: rayon terrestre équivalent (km)
- h: hauteur d'antenne (m)
- f: fréquence (MHz).

β est un paramètre qui tient compte de la nature du sol et de la polarisation. Il est relié à K par la formule semi-empirique suivante:

$$\beta = \frac{1 + 1{,}6 K^2 + 0{,}67 K^4}{1 + 4{,}5 K^2 + 1{,}53 K^4} \tag{16}$$

En polarisation horizontale à toutes fréquences, et en polarisation verticale au-dessus de 20 MHz sur terre ou 300 MHz sur mer, β peut être pris égal à 1.

En polarisation verticale au-dessous de 20 MHz sur terre ou 300 MHz sur mer, on doit calculer β en fonction de K. Cependant, on peut alors négliger ε et écrire:

$$K^2 \approx 6{,}89 \frac{\sigma}{k^{2/3} f^{5/3}} \tag{16a}$$

σ étant exprimé en S/m, f (MHz) et k étant le facteur multiplicatif du rayon terrestre.

Le terme dépendant de la distance est donné par la formule:

$$F(X) = 11 + \log(X) - 17{,}6\,X \qquad \text{pour } X \geq 1{,}6 \tag{17a}$$

$$F(X) = -20 \log(X) - 5{,}6488 X^{1{,}425} \qquad \text{pour } X < 1{,}6 \tag{17b}$$

Le terme de gain de hauteur $G(Y)$ est donné par les formules suivantes:

$$G(Y) \cong 17{,}6\,(Y - 1{,}1)^{1/2} - 5\log(Y - 1{,}1) - 8 \qquad \text{pour } Y > 2 \tag{18}$$

Pour $Y < 2$, la valeur de $G(Y)$ est une fonction de la valeur de K calculée dans le § 3.1.1:

$$G(Y) \cong 20\log(Y + 0{,}1\,Y^3) \qquad \text{pour } 10\,K < Y < 2 \tag{18a}$$

$$G(Y) \cong 2 + 20\log K + 9\log(Y/K)\left[\log(Y/K) + 1\right] \qquad \text{pour } K/10 < Y < 10\,K \tag{18b}$$

$$G(Y) \cong 2 + 20\log K \qquad \text{pour } Y < K/10 \tag{18c}$$

où:

$$B = \beta Y \tag{18d}$$

Les équations (18) à (18c) ont été formulées pour $K < 0{,}2$. Si on utilise ces équations pour $K > 0{,}2$, il convient de noter que les inégalités définissant l'applicabilité de chaque équation impliquent que l'on passe de l'équation (18) à l'équation (18b) ou (18c) lorsque l'on fait varier la valeur de Y, en fonction de la valeur de K. Dans ces cas, il y aura une discontinuité dans la valeur de $G(Y)$ au moment du changement d'équation. Pour les valeurs de Y et de K, lorsque plus d'une des équations (18) à (18c) sont applicables, en fonction des inégalités, il est recommandé d'utiliser l'équation (18) de préférence aux équations (18a) à (18c). A noter que pour les valeurs de $K < 0{,}2$, la discontinuité entre les équations (18a) et (18b) peut aller jusqu'à 3 dB.

La précision du champ diffracté donné par l'équation (13) est limitée par l'approximation inhérente au fait que l'on utilise uniquement le premier terme de la série de résidus. La précision donnée par l'équation (13) est meilleure que 2 dB pour les valeurs de X, Y_1 et Y_2 qui sont limitées par la formule:

$$X - (\beta Y_1)^{1/2}\Delta(Y_1, K) - (\beta Y_2)^{1/2}\Delta(Y_2, K) > X_{lim} \tag{19}$$

où:

$$X_{lim} = 1{,}096 - 1{,}280(1 - \beta) \tag{19a}$$

$$\Delta(Y,K) = \Delta(Y,0) + 1{,}779(1-\beta)[\Delta(Y,\infty) - \Delta(Y,0)] \tag{19b}$$

$\Delta(Y,0)$ et $\Delta(Y,\infty)$ sont donnés par:

$$\Delta(Y,0) = 0{,}5\left[1 + \tanh\left(\frac{0{,}5\log(\beta Y) - 0{,}255}{0{,}3}\right)\right] \tag{19c}$$

$$\Delta(Y,\infty) = 0{,}5\left[1 + \tanh\left(\frac{0{,}5\log(\beta Y) + 0{,}255}{0{,}25}\right)\right] \tag{19d}$$

En conséquence, la distance minimale d_{min} pour laquelle l'équation (13) est valable, est donnée par:

$$X_{min} = X_{lim} + (\beta Y_1)^{1/2}\Delta(Y_1,K) + (\beta Y_2)^{1/2}\Delta(Y_2,K) \tag{19e}$$

Et d_{min} est calculée à partir de X_{min} selon l'équation (14a).

3.1.2 Calcul nomographique

Dans les mêmes conditions d'approximation (prépondérance du premier terme de la série des résidus), on peut aussi faire le calcul par la formule suivante:

$$20\log\frac{E}{E_0} = \mathrm{F}(d) + \mathrm{H}(h_1) + \mathrm{H}(h_2) \qquad \text{dB} \tag{20}$$

où:

- E: champ à la réception
- E_0: champ en espace libre à la même distance
- d: distance entre les extrémités de la liaison
- h_1, h_2: hauteurs des antennes au-dessus d'une terre sphérique.

Les fonctions F (influence de la distance) et H (gain de hauteur) sont représentées par des nomogrammes aux Fig. 3, 4, 5 et 6.

Ces nomogrammes (Fig. 3 à 6) donnent directement le niveau du signal reçu, par rapport au niveau en espace libre, pour $k = 1$, $k = 4/3$ et pour des fréquences supérieures à 30 MHz environ. k est le facteur multiplicatif du rayon terrestre défini dans la Recommandation UIT-R P.310. Cependant, on peut calculer le niveau reçu pour d'autres valeurs de k en utilisant l'échelle des fréquences pour $k = 1$, la fréquence considérée f étant remplacée par une fréquence fictive égale à f/k^2 pour les Fig. 3 et 5 et à $f/\sqrt{k}$, pour les Fig. 4 et 6.

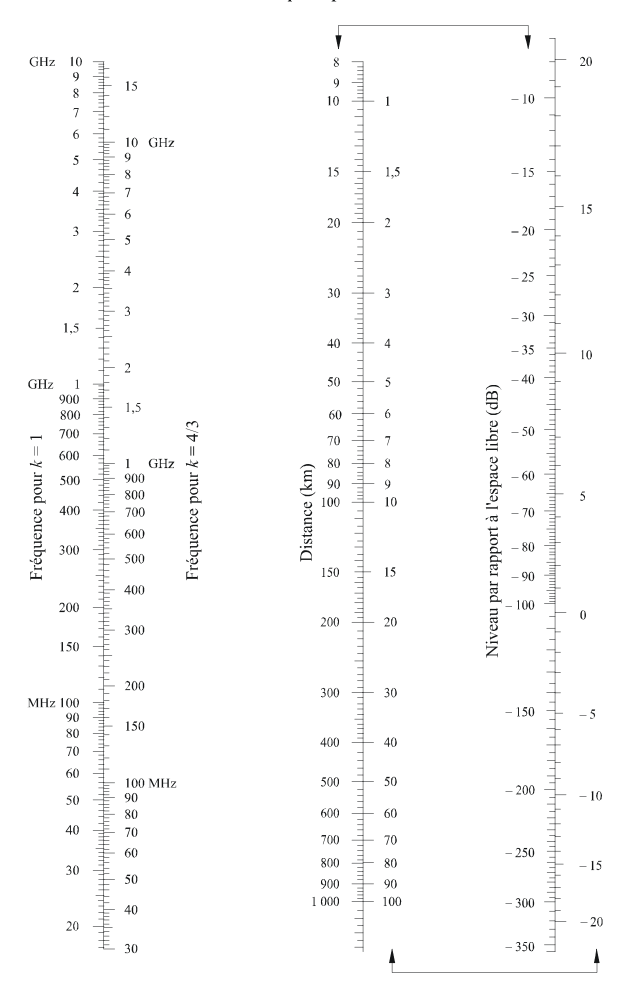
Très près du sol, le champ est pratiquement indépendant de la hauteur. Ce phénomène est surtout important en polarisation verticale sur un trajet maritime. C'est pourquoi la Fig. 6 comporte un segment vertical AB en trait gras. Si la droite d'alignement coupait ce segment vertical limite AB, il faudrait remplacer la hauteur réelle par une hauteur fictive plus grande, de façon que la droite d'alignement passe juste par le point supérieur A.

NOTE 1 – Si l'on veut obtenir l'affaiblissement par rapport à la propagation en espace libre, il faut inverser le signe des valeurs données par la formule (20). Si la formule (20) donne une valeur supérieure au champ en espace libre, la méthode n'est pas valable.

NOTE 2 – L'effet du segment AB est pris en compte dans la méthode numérique donnée au § 3.1.1.

FIGURE 3

Diffraction sur une terre sphérique – Effet de la distance



Polarisation horizontale – trajet terrestre et maritime
Polarisation verticale – trajet terrestre

(Les échelles reliées par des flèches doivent être utilisées conjointement)

0526-03

FIGURE 4

Diffraction sur une terre sphérique – Gain de hauteur

Fréquence pour
$k = 1$ $k = 4/3$

Gain de hauteur (dB)
H(h)

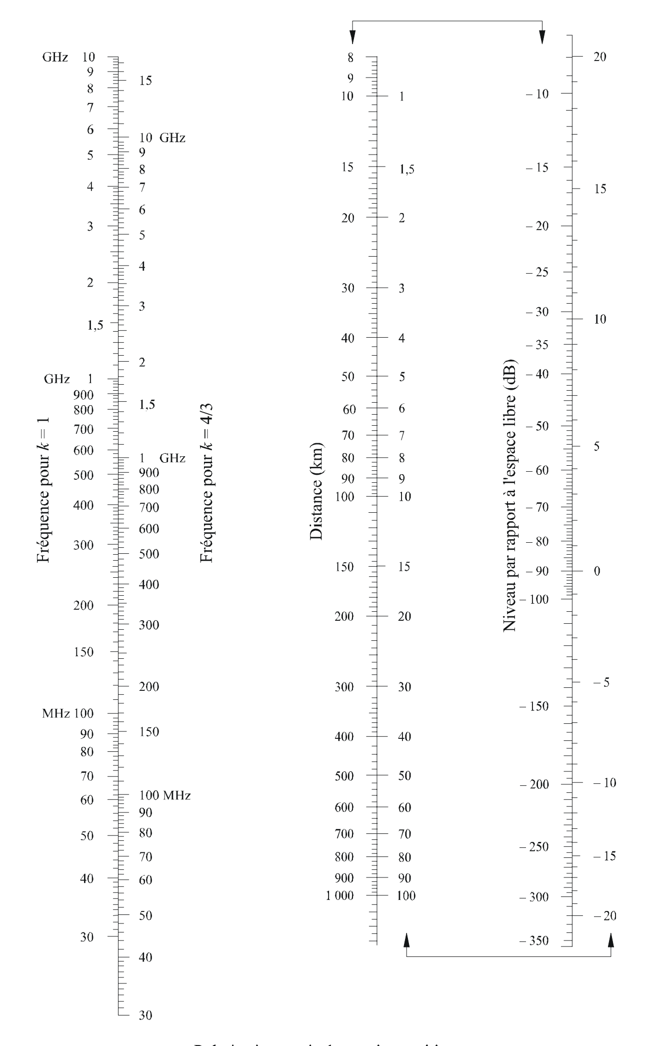
Hauteur de l'antenne
au-dessus du sol (m)

Polarisation horizontale – trajet terrestre et maritime
Polarisation verticale – trajet terrestre

0526-04

FIGURE 5

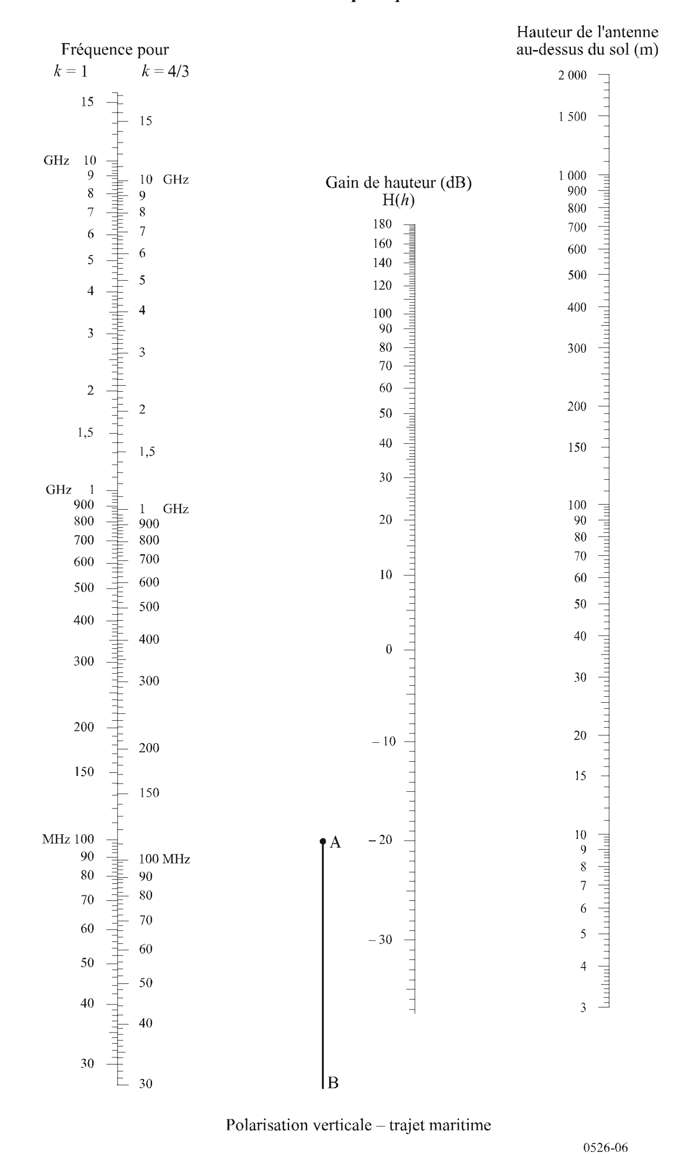
Diffraction sur une terre sphérique – Effet de la distance



Polarisation verticale – trajet maritime
(Les échelles reliées par des flèches doivent être utilisées conjointement)
0526-05

FIGURE 6

Diffraction sur une terre sphérique – Gain de hauteur



3.2 Affaiblissement de diffraction pour une distance quelconque à 10 MHz et au-dessus

Il convient d'utiliser la méthode progressive suivante pour un trajet sur une terre sphérique d'une longueur quelconque, pour des fréquences ≥ 10 MHz. La méthode fait appel au calcul exposé au § 3.1.1 dans le cas de trajets transhorizon; sinon on procède par interpolation, en prenant une valeur théorique du rayon équivalent de la Terre.

Cette procédure utilise des unités cohérentes et se déroule comme suit:

Calculer la distance marginale en visibilité directe donnée par:

$$d_{los} = \sqrt{2a_e}\left(\sqrt{h_1} + \sqrt{h_2}\right) \tag{21}$$

Si $d \geq d_{los}$, calculer l'affaiblissement de diffraction selon la méthode exposée au § 3.1.1. Aucun autre calcul n'est nécessaire.

Sinon continuer:

Calculer la hauteur de dégagement, h, la plus faible entre le trajet qui suit la courbure de la Terre et le rayon entre les antennes (voir la Fig. 7).

$$h = \frac{\left(h_1 - \frac{d_1^2}{2a_e}\right)d_2 + \left(h_2 - \frac{d_2^2}{2a_e}\right)d_1}{d} \tag{22}$$

$$d_1 = \frac{d}{2}(1 + b) \tag{22a}$$

$$d_2 = d - d_1 \tag{22b}$$

$$b = 2\sqrt{\frac{m+1}{3m}}\cos\left\{\frac{\pi}{3} + \frac{1}{3}\arccos\left(\frac{3c}{2}\sqrt{\frac{3m}{(m+1)^3}}\right)\right\} \tag{22c}$$

$$c = \frac{h_1 - h_2}{h_1 + h_2} \tag{22d}$$

$$m = \frac{d^2}{4a_e(h_1 + h_2)} \tag{22e}$$

Calculer le dégagement requis pour un affaiblissement de diffraction nul, h_{req}; donné par:

$$h_{req} = 0{,}552\sqrt{\frac{d_1\, d_2\, \lambda}{d}} \tag{23}$$

Si $h > h_{req}$, l'affaiblissement de diffraction pour le trajet est nul. Aucun autre calcul n'est nécessaire.

Sinon continuer:

Calculer le rayon équivalent de la Terre modifié, a_{em}, qui donne la visibilité directe marginale à la distance d:

$$a_{em} = 0{,}5\left(\frac{d}{\sqrt{h_1} + \sqrt{h_2}}\right)^2 \tag{24}$$

Utiliser la méthode exposée au § 3.1.1 pour calculer l'affaiblissement de diffraction sur le trajet, en utilisant le rayon équivalent de la Terre modifié a_{em} en lieu et place du rayon équivalent de la Terre a_e et appeler cet affaiblissement A_h.

Si A_h est négatif, l'affaiblissement de diffraction pour le trajet est nul et aucun autre calcul n'est nécessaire.

Sinon calculer par interpolation l'affaiblissement de diffraction A (dB) donné par:

$$A = \left[1 - h / h_{req}\right] A_h \tag{25}$$

4 Diffraction par des obstacles isolés

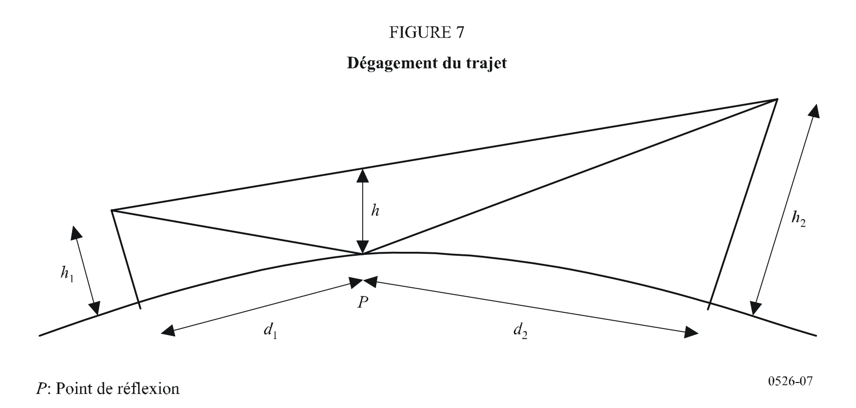
De nombreux trajets de propagation comportent un ou plusieurs obstacles isolés, et il est intéressant d'estimer les affaiblissements introduits par ceux-ci. Pour les calculer, on est conduit à schématiser la forme des obstacles par une arête vive (en lame de couteau) ou par une arête arrondie et lisse, dont le rayon de courbure est bien défini. Il est bien certain que les obstacles réels ont des formes plus complexes, aussi les indications données dans la présente Recommandation doivent-elles être considérées seulement comme une approximation.

Dans les cas où la distance en ligne droite entre deux terminaux est beaucoup plus courte que le trajet de diffraction, il faut calculer l'affaiblissement de transmission supplémentaire dû à l'allongement du trajet.

On suppose ci-dessous que la longueur d'onde est assez petite par rapport à la taille des obstacles, c'est-à-dire qu'il s'agit principalement d'ondes métriques ou plus courtes (f > 30 MHz).

FIGURE 7

Dégagement du trajet



P: Point de réflexion

4.1 Obstacle unique à arête en lame de couteau

Dans ce cas extrêmement schématisé (Fig. 8a) et 8b)), toutes les caractéristiques géométriques sont combinées en une seule grandeur scalaire sans dimension qu'on désigne habituellement par ν et qui peut prendre diverses formes équivalentes, suivant les caractéristiques géométriques choisies:

$$\nu = h\sqrt{\frac{2}{\lambda}\left(\frac{1}{d_1} + \frac{1}{d_2}\right)} \tag{26}$$

$$\nu = \theta\sqrt{\frac{2}{\lambda\left(\frac{1}{d_1} + \frac{1}{d_2}\right)}} \tag{27}$$

$$\nu = \sqrt{\frac{2\,h\,\theta}{\lambda}} \quad (\nu \text{ est du signe de } h \text{ et de } \theta) \tag{28}$$

$$\nu = \sqrt{\frac{2\,d}{\lambda} \cdot \alpha_1\,\alpha_2} \quad (\nu \text{ est du signe de } \alpha_1 \text{ et de } \alpha_2) \tag{29}$$

où:

h: hauteur du sommet de l'arête au-dessus de la droite joignant les deux extrémités du trajet; si le sommet est au-dessous de cette ligne, h est négatif

d_1, d_2: distances des deux extrémités du trajet au sommet de l'arête

d: longueur du trajet

θ: angle de diffraction (rad); son signe est le même que celui de h; l'angle θ est supposé inférieur à environ 0,2 rad, soit approximativement 12°

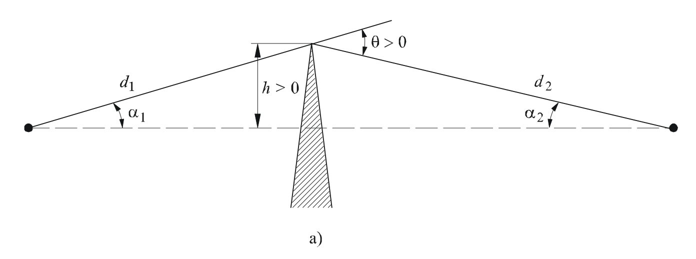
α_1, α_2: angles séparant, à partir d'une extrémité, le sommet de l'arête et l'extrémité opposée; α_1 et α_2 sont du signe de h dans les relations ci-dessus.

NOTE 1 – Dans les relations (26) à (29), h, d, d_1, d_2 et λ sont exprimés en unités cohérentes.

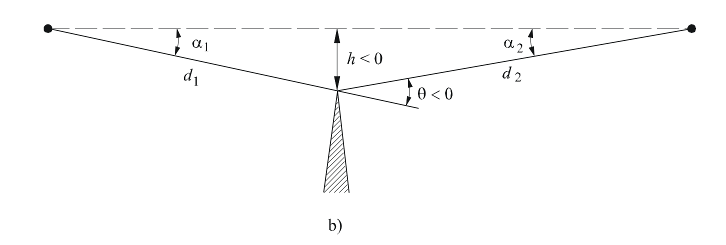
FIGURE 8

Eléments géométriques

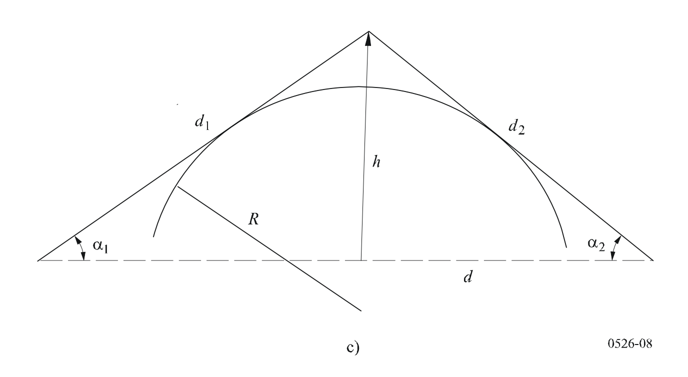
(Pour les définitions de θ, α_1, α_2, d, d_1, d_2 et R, voir les § 4.1 et 4.2)



a)



b)



c)

0526-08

La Fig. 9 donne l'affaiblissement $J(\nu)$ (dB) en fonction de ν.

$J(\nu)$ est donné par:

$$J(\nu) = -20 \log \left(\frac{\sqrt{[1 - C(\nu) - S(\nu)]^2 + [C(\nu) - S(\nu)]^2}}{2} \right) \tag{30}$$

où $C(\nu)$ et $S(\nu)$ sont respectivement la partie réelle et la partie imaginaire de l'intégrale complexe de Fresnel $F(\nu)$ définie au § 2.7.

Pour une valeur de ν supérieure à −0,78, on peut obtenir une valeur approximative à partir de l'expression:

$$J(\nu) = 6{,}9 + 20 \log \left(\sqrt{(\nu - 0{,}1)^2 + 1} + \nu - 0{,}1 \right) \qquad \text{dB} \qquad (31)$$

FIGURE 9

Affaiblissement de diffraction sur une arête en lame de couteau

0526-09

4.2 Obstacle unique de sommet arrondi

La géométrie d'un obstacle de sommet arrondi de rayon R est illustrée dans la Fig. 8c). On notera que les distances d_1 et d_2, et la hauteur h au-dessus de la ligne de base sont toutes mesurées par rapport au point d'intersection des rayons tangents à l'obstacle. L'affaiblissement de diffraction correspondant à cette géométrie peut être calculé sous la forme:

$$A = J(\nu) + T(m,n) \qquad \text{dB} \qquad (32)$$

où:

a) J(v) est l'affaiblissement de Fresnel-Kirchoff provoqué par une arête en lame de couteau équivalente placée de manière à ce que son point culminant se situe au point d'intersection des rayons tangents (sommet fictif). Le paramètre sans dimension ν peut être évalué à partir de l'une quelconque des relations (26) à (29) incluses. A titre d'exemple, en unités pratiques, la relation (26) donne:

$$\nu = 0{,}0316\, h \left[\frac{2(d_1 + d_2)}{\lambda\, d_1\, d_2} \right]^{1/2} \tag{33}$$

où h et λ sont en mètres, et d_1 et d_2 sont en kilomètres.

On peut obtenir J(ν) à partir de la Fig. 9 ou de la relation (31). On notera qu'au cas où un obstacle empêche la propagation en visibilité directe, ν est positif et que la relation (31) reste valable.

b) $T(m,n)$ est l'affaiblissement supplémentaire dû à la courbure de l'obstacle:

$$T(m,n) = 7{,}2m^{1/2} - (2 - 12{,}5n)m + 3{,}6m^{3/2} - 0{,}8m^2 \quad \text{dB} \quad \text{pour } mn \le 4 \tag{34a}$$

$$T(m,n) = -6 - 20 \log(mn) + 7{,}2m^{1/2} - (2 - 17n)m + 3{,}6m^{3/2} - 0{,}8m^2 \quad \text{dB} \quad \text{pour } mn > 4 \tag{34b}$$

et

$$m = R \left[\frac{d_1 + d_2}{d_1\, d_2} \right] \Big/ \left[\frac{\pi R}{\lambda} \right]^{1/3} \tag{35}$$

$$n = h \left[\frac{\pi R}{\lambda} \right]^{2/3} \Big/ R \tag{36}$$

et R, d_1, d_2, h et λ sont en unités cohérentes.

On notera que lorsque R tend vers zéro, $T(m,n)$ tend aussi vers zéro. Par conséquent, pour un cylindre de rayon nul, l'équation (32) se réduit au cas de la diffraction par une arête en lame de couteau.

Le rayon de courbure de l'obstacle correspond au rayon de courbure du sommet d'une parabole ajustée au profil de l'obstacle, à proximité du sommet. Lorsqu'on ajuste la parabole, la distance verticale maximale depuis le sommet à utiliser dans cette méthode devrait être de l'ordre du rayon de la première zone de Fresnel où est situé l'obstacle. Un exemple de cette procédure est illustré à la Fig. 10 où:

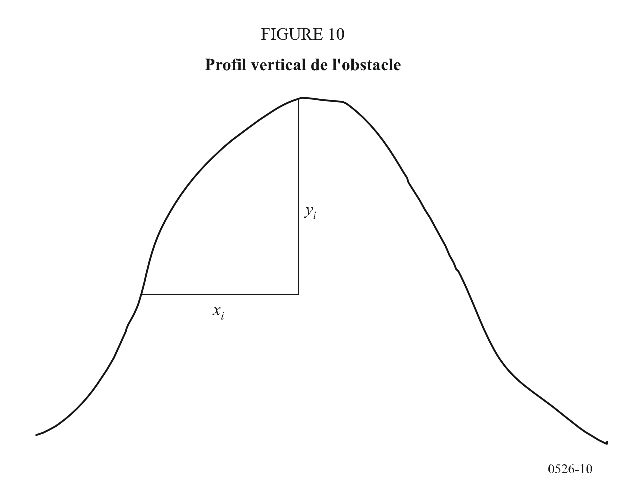
$$y_i = \frac{x_i^2}{2r_i} \tag{37}$$

et r_i est le rayon de courbure correspondant à l'échantillon i du profil vertical de l'arête. Dans le cas de N échantillons, le rayon de courbure médian de l'obstacle est donné par:

$$r = \frac{1}{N} \sum_{1}^{N} \frac{x_i^2}{2y_i} \qquad (38)$$

FIGURE 10

Profil vertical de l'obstacle



4.3 Deux arêtes isolées

Cette méthode consiste à appliquer successivement aux deux obstacles la théorie de la diffraction par une arête unique en lame de couteau, le sommet du premier obstacle servant de source à la diffraction sur le second (voir la Fig. 11). Le premier trajet de diffraction défini par les distances a et b et la hauteur h'_1 donne un affaiblissement L_1 (dB). Le deuxième trajet de diffraction défini par les distances b et c et la hauteur h'_2 donne un affaiblissement L_2 (dB). L_1 et L_2 sont calculés en appliquant les formules du § 4.1. Il faut ajouter un terme de correction L_c (dB) pour tenir compte de l'écart b entre les arêtes. L_c peut être évalué à l'aide de la formule suivante:

$$L_c = 10 \log \left[\frac{(a + b)(b + c)}{b(a + b + c)} \right] \qquad (39)$$

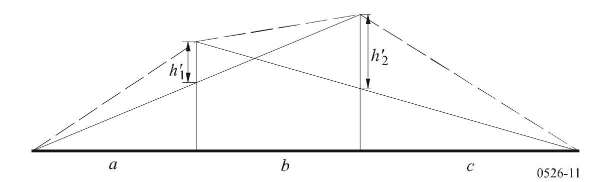
qui est valable lorsque chacune des valeurs L_1 et L_2 dépasse 15 dB environ. L'affaiblissement de diffraction total est alors donné par:

$$L = L_1 + L_2 + L_c \qquad (40)$$

La méthode ci-dessus s'avère particulièrement appropriée lorsque les deux arêtes conduisent à des affaiblissements similaires.

FIGURE 11

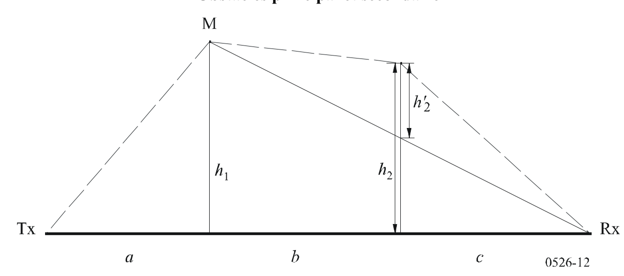
Méthode applicable avec deux arêtes isolées



Si une arête est prédominante (voir la Fig. 12), le premier trajet de diffraction est défini par les distances a et $b + c$ et par la hauteur h_1. Le second trajet de diffraction est défini par les distances b et c et par la hauteur h'_2.

FIGURE 12

Obstacles principal et secondaire



La méthode consiste à appliquer successivement aux deux obstacles la théorie de la diffraction par une arête unique en lame de couteau. On détermine d'abord l'obstacle principal M, qui correspond au rapport h/r le plus élevé (où h est la hauteur de l'arête par rapport au trajet direct TxRx indiqué sur la Fig. 12, et r est le rayon du premier ellipsoïde de Fresnel donné par l'équation (2)). On utilise ensuite h'_2 (hauteur de l'obstacle secondaire par rapport au sous-trajet MR pour calculer l'affaiblissement induit par cette seconde arête). Un terme correctif T_c (dB) doit être soustrait, afin de prendre en compte la distance entre les deux arêtes ainsi que leur hauteur respective. On peut évaluer ce terme comme suit:

$$T_c = \left[12 - 20 \log_{10} \left(\frac{2}{1 - \frac{\alpha}{\pi}} \right) \right] \left(\frac{q}{p} \right)^{2p} \tag{41}$$

où:

$$p = \left[\frac{2}{\lambda} \frac{(a+b+c)}{(b+c)a} \right]^{1/2} h_1 \tag{42a}$$

$$q = \left[\frac{2}{\lambda} \frac{(a+b+c)}{(a+b)c} \right]^{1/2} h_2 \qquad (42b)$$

$$\text{tg}\, \alpha = \left[\frac{b(a+b+c)}{ac} \right]^{1/2} \qquad (42c)$$

h_1 et h_2 étant les hauteurs des arêtes par rapport au trajet direct émetteur-récepteur.

L'affaiblissement de diffraction total est donné par:

$$L = L_1 + L_2 - T_c \qquad (43)$$

La même méthode peut s'appliquer aussi aux cas des obstacles arrondis en utilisant le § 4.3.

Dans les cas où l'on peut identifier sans ambiguïté que l'obstacle à l'origine de la diffraction est un bâtiment à toit plat, une approximation par arête unique en lame de couteau n'est pas suffisante. Il faut calculer la somme vectorielle de deux composantes: l'une qui subit une double diffraction par deux arêtes en lame de couteau et l'autre qui est soumise à une réflexion supplémentaire sur la surface du toit. Il a été montré que, lorsque la réflectivité de la surface du toit et la différence de hauteur entre la surface du toit et les parois latérales n'étaient pas connues avec précision, un modèle à arête double en lame de couteau donnait une bonne estimation de l'intensité du champ diffracté, en négligeant la composante réfléchie.

4.4 Plusieurs obstacles isolés

Deux méthodes sont recommandées pour l'estimation de l'affaiblissement de diffraction sur un terrain irrégulier qui présente un ou plusieurs obstacles à la propagation en visibilité directe. Dans la première, on suppose que chaque obstacle peut être représenté par un cylindre de rayon égal au rayon de courbure au sommet de l'obstacle. Cette méthode est recommandée lorsqu'on dispose d'un profil vertical détaillé de la liaison émetteur/récepteur.

La seconde correspond à une solution empirique basée sur l'hypothèse d'obstacles en arêtes en lame de couteau auxquels s'ajoute une correction pour compenser l'affaiblissement plus important dû à un rayon de courbure différent de zéro. Le calcul tient compte de la courbure de la Terre en utilisant le concept de rayon terrestre équivalent (voir le § 4.3 de la Recommandation UIT-R P.452). Cette méthode est applicable au cas où une seule procédure générale est nécessaire pour les trajets terrestres au-dessus du sol ou de la mer, en visibilité directe et transhorizon.

On doit disposer d'un profil du trajet radioélectrique sous la forme d'un ensemble d'échantillons donnant les hauteurs du sol au-dessus du niveau de la mer en différents points ordonnés le long du trajet, la première et la dernière étant les hauteurs de l'émetteur et du récepteur au-dessus du niveau de la mer, et d'un ensemble correspondant de distances horizontales depuis l'émetteur. Chaque couple de hauteur et de distance constitue un point du profil auquel on attribue un indice, les indices étant incrémentés d'une extrémité à l'autre du trajet. Bien que ce ne soit pas essentiel pour la méthode, on suppose, dans la description ci-après, que les indices sont incrémentés de l'émetteur vers le récepteur. Il est préférable mais non essentiel que l'espacement horizontal des échantillons du profil soit constant.

4.4.1 Méthode des cylindres en cascade

Le profil de hauteur du terrain devrait être disponible sous forme d'un ensemble d'échantillons donnant les hauteurs du sol au-dessus du niveau de la mer, la première et la dernière étant les hauteurs de l'émetteur et du récepteur au-dessus du niveau de la mer. Les valeurs de distance et de hauteur devraient être stockées en ensembles auxquels on attribue des indices de 1 à N, où N est égal au nombre d'échantillons du profil.

Par la suite, on utilise systématiquement les suffixes:

h_i: hauteur au-dessus du niveau de la mer du $i^{\text{ième}}$ point

d_i: distance entre l'émetteur et le $i^{\text{ième}}$ point

d_{ij}: distance entre le $i$ième et le $j^{\text{ième}}$ point.

La première étape consiste à effectuer une analyse du profil à l'aide de la méthode de la «corde tendue». On détermine ainsi les points échantillons que toucherait une corde tendue au-dessus du profil entre l'émetteur et le récepteur.

Pour ce faire, on peut utiliser la procédure suivante dans laquelle toutes les valeurs de hauteur et de distance sont exprimées en unités cohérentes et tous les angles sont exprimés en radians. La méthode est faite d'approximations qui sont valables pour des trajets radioélectriques formant de petits angles par rapport à l'horizontale. Si, sur un trajet, certains rayons ont une pente de plus 5° environ, l'utilisation d'une géométrie exacte peut se justifier.

Chaque point sur la corde correspond au point du profil présentant l'angle d'élévation le plus élevé au-dessus de l'horizontale locale, vu depuis le point précédent sur la corde, en commençant à une extrémité du profil et en terminant à l'autre. Vu depuis le point s, l'angle d'élévation du $i^{\text{ième}}$ échantillon du profil ($i > s$) est donné par:

$$e = \left[(h_i - h_s) / d_{si}\right] - \left[d_{si} / 2a_e\right] \tag{44}$$

où:

a_e: rayon équivalent de la Terre donné par:

$= k \times 6\,371$ (km)

et:

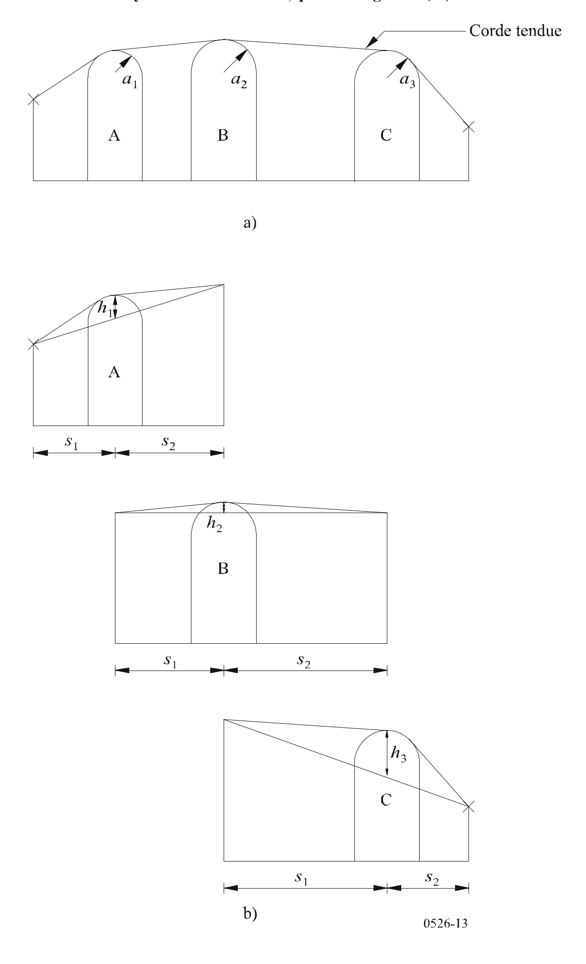
k: coefficient du rayon équivalent de la Terre.

Un essai est réalisé pour déterminer si un groupe de deux ou plus de deux points sur la corde devrait représenter le même obstacle sur le terrain. Pour des échantillons espacés d'au plus 250 m, tout groupe de points sur la corde qui sont des échantillons de profil consécutifs autres que l'émetteur et le récepteur, devrait être traité comme un seul et même obstacle.

Chaque obstacle est alors modélisé comme un cylindre (voir la Fig. 13). La géométrie de chaque cylindre correspond à celle de la Fig. 8 c). On notera que dans la Fig. 13 les distances s_1, s_2 pour chaque cylindre sont illustrées comme étant mesurées horizontalement entre les points des sommets; pour des rayons quasi horizontaux, ces distances se rapprochent des distances le long de la pente d_1 et d_2 de la Fig. 8 c). Dans le cas de rayons dont les angles par rapport à l'horizontale sont supérieurs à 5° environ, il faudra peut-être que les distances $s_1$et s_2 soient égales aux distances d_1 et d_2 le long de la pente entre les sommets.

FIGURE 13

Modèle des cylindres en cascade a) problème général, b) détails



De même dans la Fig. 13, la hauteur *h* de chaque cylindre est mesurée verticalement depuis son sommet jusqu'à la droite joignant les points du sommet ou du terminal adjacents. La valeur de *h* pour chaque cylindre correspond à *h* dans la Fig. 8 c). Là aussi, pour des rayons quasi horizontaux, les hauteurs des cylindres peuvent être calculées comme étant verticales mais pour des rayons qui ont des angles plus importants, il faudra peut-être calculer *h* à angles droits par rapport à la base du cylindre pour le rayon considéré.

La Fig. 14 illustre la géométrie dans le cas d'un obstacle composé de plus d'un point sur la corde. Les points suivants sont indiqués comme suit:

w: point sur la corde le plus proche ou terminal côté émetteur de l'obstacle qui ne fait pas partie de l'obstacle

x: point sur la corde faisant partie de l'obstacle qui est le plus proche de l'émetteur

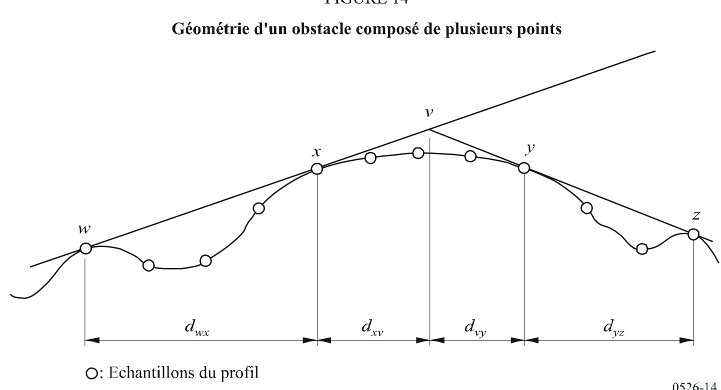
y: point sur la corde faisant partie de l'obstacle qui est le plus proche du récepteur

z: point sur la corde le plus proche ou terminal côté récepteur de l'obstacle qui ne fait pas partie de l'obstacle

v: point du sommet correspondant à l'intersection des rayons incidents au-dessus de l'obstacle.

FIGURE 14

Géométrie d'un obstacle composé de plusieurs points



Les lettres *w*, *x*, *y* et *z* seront aussi les indices attribués aux ensembles d'échantillons de hauteur et de distance du profil. Pour un obstacle ayant un point isolé sur la corde, *x* et *y* auront la même valeur et renverront à un point du profil qui coïncide avec le sommet. On notera que pour des cylindres en cascade, les points *y* et *z* pour un cylindre sont les points *w* et *x* pour le cylindre suivant, etc.

Une méthode progressive permettant d'ajuster les cylindres au profil général du terrain est décrite dans l'Appendice 1 à l'Annexe 1. Chaque obstacle est caractérisé par *w*, *x*, *y* et *z*. La méthode de l'Appendice 1 à l'Annexe 1 est ensuite utilisée pour obtenir les paramètres du cylindre s_1, s_2, *h* et *R*. Après avoir modélisé ainsi le profil, on calcule l'affaiblissement de diffraction pour le trajet comme étant égal à la somme de trois termes:

– la somme des affaiblissements de diffraction sur les cylindres;
– la somme de la diffraction sur les sous-trajets entre les cylindres (ainsi qu'entre les cylindres et les terminaux adjacents);
– un facteur de correction.

L'affaiblissement de diffraction total (dB) par rapport à l'affaiblissement en espace libre peut s'écrire comme suit:

$$L_d = \sum_{i=1}^{N} L'_i + L''(w\,x)_1 + \sum_{i=1}^{N} L''(y\,z)_i - 20 \log C_N \qquad \text{dB} \qquad (45)$$

où:

L'_i: affaiblissement de diffraction sur le $i^{\text{ème}}$ cylindre, calculé selon la méthode du § 4.2

$L''(w\,x)_1$: affaiblissement de diffraction sur le sous-trajet pour le tronçon du trajet compris entre les points *w* et *x,* pour le premier cylindre

$L''(y\,z)_i$: affaiblissement de diffraction sur le sous-trajet pour le tronçon du trajet compris entre les points *y* et *z*, pour tous les cylindres

C_N: facteur de correction pour tenir compte de l'affaiblissement d'étalement dû à la diffraction sur les cylindres successifs.

L'Appendice 2 à l'Annexe 1 donne une méthode de calcul de L'' pour chaque tronçon en LoS du trajet entre les obstacles.

Le facteur de correction, C_N, est calculé à l'aide de:

$$C_N = (P_a / P_b)^{0,5} \tag{46}$$

où:

$$P_a = s_1 \prod_{i=1}^{N} \left[(s_2)_i\right] \left(s_1 + \sum_{j=1}^{N} \left[(s_2)_j\right] \right) \tag{47}$$

$$P_b = (s_1)_1 \, (s_2)_N \prod_{i=1}^{N} \left[(s_1)_i + (s_2)_i\right] \tag{48}$$

et les suffixes dans les crochets renvoient aux différents cylindres.

4.4.2 Méthode des arêtes en lame de couteau en cascade

La méthode est fondée sur une procédure qui est utilisée de 1 à 3 fois selon le profil du trajet. Cette procédure consiste à déterminer le point d'une section donnée du profil où la caractéristique géométrique ν, telle qu'elle est décrite au § 4.1, a la valeur la plus élevée. La section du profil à examiner est définie depuis le point d'indice a jusqu'au point d'indice b $(a < b)$. Si $a + 1 = b$, il n'existe pas de point intermédiaire et l'affaiblissement dû à la diffraction pour la section du trajet considérée est nul. Dans les autres cas, on applique la construction en évaluant ν_n $(a < n < b)$ et en sélectionnant le point ayant la plus grande valeur de ν. La valeur de ν associée au n^e point du profil est donnée par:

$$\nu_n = h \sqrt{2 d_{ab} / \lambda \, d_{an} \, d_{nb}} \tag{49}$$

où:

$$h = h_n + [d_{an} \, d_{nb} / 2 \, r_e] - [(h_a \, d_{nb} + h_b \, d_{an}) / d_{ab}] \tag{49a}$$

h_a, h_b, h_n: hauteurs (représentées sur la Fig. 15)

d_{an}, d_{nb}, d_{ab}: distances horizontales (représentées sur la Fig. 15)

r_e: rayon terrestre équivalent

λ: longueur d'onde

et toutes les valeurs de h, d, r_e et λ sont dans des unités cohérentes.

L'affaiblissement dû à la diffraction est alors calculé au moyen de la formule (31), qui donne l'affaiblissement $J(\nu)$ pour une arête en lame de couteau, pour $\nu > -0,78$ et il est nul dans les autres cas.

Il convient de noter que la formule (49) découle directement de la formule (26). Les éléments géométriques intervenant dans la formule (49a) sont illustrés sur la Fig. 15. Le second terme de la

formule (49a) est une bonne approximation de la différence de hauteur au point n due à la courbure de la Terre.

FIGURE 15

Géométrie dans le cas d'une seule arête

0526-15

On applique d'abord la procédure indiquée ci-dessous à l'ensemble du profil, de l'émetteur au récepteur. On appelle arête principale, p, le point ayant la plus grande valeur de ν et on désigne par $J(\nu_p)$ l'affaiblissement correspondant.

Si $\nu_p > -0{,}78$, on applique la procédure encore deux fois:

– entre l'émetteur et le point p pour obtenir ν_t et donc $J(\nu_t)$;

– entre le point p et le récepteur pour obtenir ν_r et donc $J(\nu_r)$.

L'affaiblissement supplémentaire dû à la diffraction pour le trajet est alors donné par:

$$L = J(\nu_p) + T\,[J(\nu_t) + J(\nu_r) + C] \quad \text{pour} \quad \nu_p > -0{,}78 \tag{50a}$$

$$L = 0 \quad \text{pour} \quad \nu_p \le -0{,}78 \tag{50b}$$

où:

C: correction empirique

$$C = 10{,}0 + 0{,}04D \tag{51}$$

D: longueur totale du trajet (km)

et

$$T = 1{,}0 - \exp\,[-J(\nu_p) / 6{,}0] \tag{52}$$

Il convient de noter que la procédure décrite ci-dessus, pour les trajets transhorizon, est fondée sur la méthode de Deygout limitée au maximum à 3 arêtes. Pour les trajets en visibilité directe, elle diffère de la construction de Deygout car deux arêtes secondaires sont encore utilisées lorsque l'arête principale entraîne un affaiblissement dû à une diffraction non nulle.

Cette méthode peut entraîner des discontinuités de la variation de l'affaiblissement de diffraction prévu en fonction du rayon terrestre équivalent, par suite de la sélection de différents points du profil pour l'arête principale ou les arêtes secondaires. Pour obtenir une prévision monotone et sans discontinuités de l'affaiblissement de diffraction en fonction du rayon terrestre équivalent, l'arête principale et, si elles existent, les arêtes secondaires de chaque côté, peuvent d'abord être déterminées pour le rayon terrestre équivalent médian. On peut ensuite utiliser ces arêtes pour calculer les affaiblissements de diffraction pour d'autres valeurs du rayon terrestre équivalent, sans répéter la procédure de localisation de ces points. Toutefois, cette méthode peut être moins précise pour des valeurs du rayon terrestre équivalent supérieures ou inférieures à la valeur médiane.

La méthode des arêtes en lame de couteau en cascade est utilisée pour le modèle de diffraction décrit dans la Recommandation UIT-R P.452. Les affaiblissements de diffraction sont calculés pour deux valeurs du rayon terrestre équivalent: la valeur médiane, et la valeur dépassée pendant β_0% d'une année moyenne, pour laquelle on utilise un facteur de courbure de la Terre égal à 3. Le paramètre β_0 représente le pourcentage de temps pendant lequel des conditions anormales de propagation auront une influence prépondérante sur le résultat général. On utilise ensuite une procédure d'interpolation, fondée sur la distribution normale cumulative complémentaire inverse, pour calculer l'affaiblissement de diffraction qui n'est pas dépassé pour un pourcentage de temps compris entre β_0 et 50%. Toutefois, pour le calcul de l'affaiblissement de diffraction pendant β_0% du temps, la méthode décrite dans la Recommandation UIT-R P.452 utilise l'arête principale et, si elles existent, les arêtes secondaires, identifiées pour le cas médian. On évite ainsi le risque qu'une petite modification des détails du profil entraîne une modification importante de l'affaiblissement de diffraction pendant β_0 de temps, à la suite d'une modification de ces arêtes.

5 Diffraction par écrans minces

Dans les méthodes qui suivent, on suppose que l'obstacle a la forme d'un écran mince. Ces méthodes peuvent s'appliquer à la propagation autour d'un obstacle ou à travers une ouverture.

5.1 Ecran de largeur finie

On peut supprimer les brouillages affectant un site de réception (par exemple, une petite station terrienne) en plaçant un écran artificiel de largeur finie transversalement à la direction de propagation. Dans ce cas, on peut calculer le champ dans l'ombre de l'écran en considérant trois arêtes en lame de couteau, à savoir le sommet et les deux côtés de l'écran. Les brouillages constructifs et destructifs des trois contributions indépendantes conduisent à des fluctuations rapides du champ sur des distances de l'ordre d'une longueur d'onde. Le modèle simplifié ci-après permet d'avoir une estimation de l'affaiblissement de diffraction moyen et de l'affaiblissement de diffraction minimal en fonction de la position. Ce modèle consiste à additionner les amplitudes des différentes contributions pour obtenir une estimation de l'affaiblissement de diffraction minimal ainsi que les puissances pour obtenir une estimation de l'affaiblissement de diffraction moyen. Ce modèle a été validé à l'aide de calculs précis utilisant la théorie uniforme de la diffraction et des mesures (TUD) de grande précision.

Etape 1: Calculer le paramètre géométrique ν pour chacune des trois arêtes en lame de couteau (sommet, côté gauche et côté droit) en utilisant l'une des équations (26) à (29).

Etape 2: Calculer le facteur d'affaiblissement $j(\nu) = 10^{J(\nu)/20}$ associé à chaque arête, à partir de l'équation (31).

Etape 3: Calculer l'affaiblissement de diffraction minimal J_{min} comme suit:

$$J_{min}(\nu) = -20 \log \left[\frac{1}{j_1(\nu)} + \frac{1}{j_2(\nu)} + \frac{1}{j_3(\nu)} \right] \quad \text{dB} \qquad (53)$$

ou, autre façon,

Etape 4: Calculer l'affaiblissement de diffraction moyen J_{av} à partir de:

$$J_{av}(\nu) = -10 \log \left[\frac{1}{j_1^2(\nu)} + \frac{1}{j_2^2(\nu)} + \frac{1}{j_3^2(\nu)} \right] \quad \text{dB} \qquad (54)$$

5.2 Diffraction par des ouvertures rectangulaires ou par des ouvertures ou des écrans composites

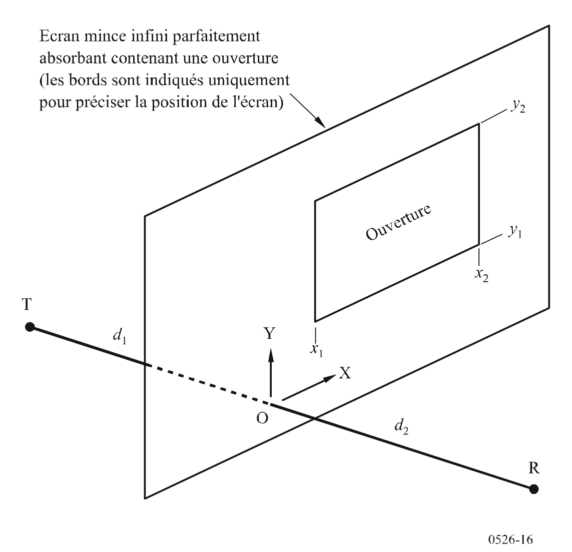
La méthode décrite ci-après peut être utilisée pour prévoir l'affaiblissement de diffraction dû à une ouverture rectangulaire dans un écran mince, par ailleurs parfaitement absorbant. La méthode peut être élargie à plusieurs ouvertures rectangulaires ou écrans finis; elle constitue donc une autre méthode dans le cas d'un écran à largeur finie (voir le § 5.1).

5.2.1 Diffraction par une seule ouverture rectangulaire

La Fig. 16 illustre la géométrie utilisée pour représenter une ouverture rectangulaire dans un écran mince infini parfaitement absorbant.

FIGURE 16

Géométrie pour une seule ouverture angulaire



Les positions des bords de l'ouverture, x_1, x_2, y_1 et y_2, sont exprimées dans un système de coordonnées cartésiennes, l'origine étant située au point où la droite entre l'émetteur T et le récepteur R coupe l'écran, la propagation étant parallèle à l'axe des Z. T et R sont à des distances d_1 et d_2 respectivement derrière et devant l'écran.

Le champ, e_a, au niveau du récepteur, en unités linéaires normalisées pour l'espace libre, est donné sous une forme complexe par:

$$e_a(x_1,x_2,y_1,y_2) = 0{,}5(C_x C_y - S_x S_y) + j\ 0{,}5\ (C_x S_y + S_x C_y) \quad (55)$$

où:

$$C_x = C(\nu_{x2}) - C(\nu_{x1}) \quad (56a)$$

$$C_y = C(\nu_{y2}) - C(\nu_{y1}) \quad (56b)$$

$$S_x = S(\nu_{x2}) - S(\nu_{x1}) \quad (56c)$$

$$S_y = S(\nu_{y2}) - S(\nu_{y1}) \quad (56d)$$

Les quatre valeurs de ν sont celles données par l'équation (26) en remplaçant h successivement par x_1, x_2, y_1 et y_2, et $C(\nu)$ et $S(\nu)$ sont donnés dans les équations (7a) et (7b) et peuvent être évaluées à partir du coefficient de Fresnel complexe en utilisant les équations (8a) et (8b).

L'affaiblissement de diffraction correspondant, L_a, est donné par:

$$L_a = -20 \log (e_a) \qquad \text{dB} \quad (57)$$

5.2.2 Diffraction par une combinaison d'ouvertures ou d'écrans

La méthode pour une seule ouverture rectangulaire peut être élargie comme suit:

Etant donné qu'en unités linéaires normalisées pour l'espace libre (équation (51)), le champ en espace libre est donné par 1,0 + j.0,0, le champ complexe normalisé, e_s, dû à un seul écran rectangulaire (isolé du sol) est donné par:

$$e_s = 1{,}0 - e_a \quad (58)$$

où e_a est calculé en utilisant l'équation (55) pour une ouverture de même taille et de même position que l'écran.

– Le champ normalisé dû à des combinaisons de plusieurs ouvertures rectangulaires ou écrans isolés peut être calculé en additionnant les résultats de l'équation (55) ou (58).
– On peut obtenir une approximation d'ouvertures ou d'écrans de forme arbitraire en utilisant des combinaisons adéquates d'écrans ou d'ouvertures rectangulaires.
– Etant donné que les intégrales $C(\nu)$ et $S(\nu)$ convergent vers 0,5 + j 0,5 lorsque ν tend vers l'infini, l'équation (50) peut être appliquée à des rectangles d'étendue illimitée dans une ou plusieurs directions.

6 Diffraction sur un dièdre de conductivité finie

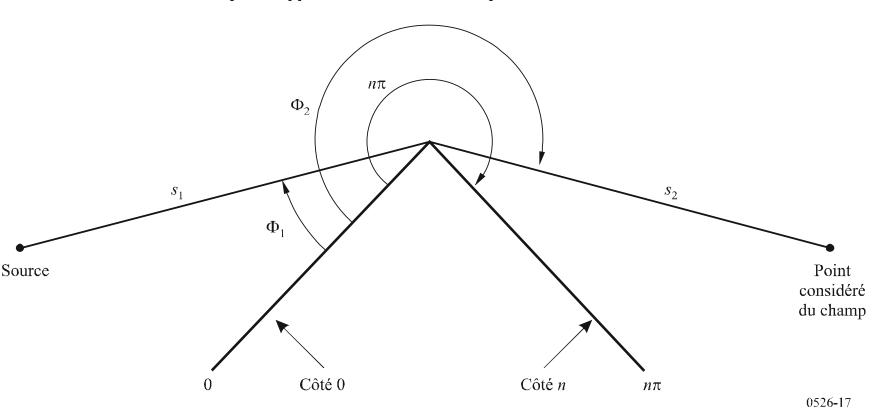
La méthode décrite ci-après peut être utilisée pour prévoir l'affaiblissement de diffraction dû à un dièdre de conductivité finie. Elle peut s'appliquer de manière appropriée pour l'étude de la diffraction par l'angle d'un bâtiment, l'arête d'un toit ou lorsque le terrain peut se caractériser par une colline présentant un profil en coin. Cette méthode nécessite de connaître la conductivité et la constante diélectrique relative du dièdre, et fait l'hypothèse qu'aucune émission ne traverse cet obstacle.

La méthode est fondée sur la TUD. Elle tient compte de la diffraction tant dans la zone d'ombre que dans la zone en visibilité directe, et une méthode est fournie pour une transition progressive entre ces zones.

La Fig. 17 illustre la géométrie d'un dièdre de conductivité finie.

FIGURE 17

Géométrie pour l'application de la diffraction par un dièdre suivant la TUD



La formule donnée par la TUD pour le champ électrique au point considéré du champ, en se restreignant à un espace à deux dimensions, est la suivante:

$$e_{TUD} = e_0 \frac{\exp(-jks_1)}{s_1} D^{\perp}_{||} \cdot \sqrt{\frac{s_1}{s_2(s_1 + s_2)}} \cdot \exp(-jks_2) \qquad (59)$$

où:

- e_{TUD}: champ électrique au point considéré du champ
- e_0: amplitude relative de la source
- s_1: distance entre le point source et l'arête de diffraction
- s_2: distance entre l'arête de diffraction et le point considéré du champ
- k: nombre d'ondes $2\pi/\lambda$
- $D^{\perp}_{||}$: coefficient de diffraction dépendant de la polarisation (parallèle ou perpendiculaire au plan d'incidence) du champ incident sur l'arête

et s_1, s_2 et λ sont exprimés dans des unités cohérentes.

Le coefficient de diffraction d'un dièdre de conductivité finie est donné par:

$$D^{\perp}_{||} = \frac{-\exp(-\mathrm{j}\pi/4)}{2n\sqrt{2\pi k}} \left\{ \begin{array}{l} \cot\left(\dfrac{\pi + (\Phi_2 - \Phi_1)}{2n}\right) \cdot F(kLa^{+}(\Phi_2 - \Phi_1)) \\ + \cot\left(\dfrac{\pi - (\Phi_2 - \Phi_1)}{2n}\right) \cdot F(kLa^{-}(\Phi_2 - \Phi_1)) \\ + R_0^{\perp}{}_{||} \cdot \cot\left(\dfrac{\pi - (\Phi_2 + \Phi_1)}{2n}\right) \cdot F(kLa^{-}(\Phi_2 + \Phi_1)) \\ + R_n^{\perp}{}_{||} \cdot \cot\left(\dfrac{\pi + (\Phi_2 + \Phi_1)}{2n}\right) \cdot F(kLa^{+}(\Phi_2 + \Phi_1)) \end{array} \right\} \tag{60}$$

où:

Φ_1: angle d'incidence, mesuré à partir du côté incident (côté 0)

Φ_2: angle de diffraction, mesuré à partir du côté incident (côté 0)

n: nombre qui, multiplié par π radians, donne l'angle saillant du dièdre (angle réel = $n\pi$ (rad))

$\mathrm{j} = \sqrt{-1}$

et où $F(x)$ est une intégrale de Fresnel:

$$F(x) = 2\mathrm{j}\sqrt{x} \cdot \exp(\mathrm{j}x) \cdot \int_{\sqrt{x}}^{\infty} \exp(-\mathrm{j}t^2)\,\mathrm{d}t \tag{61}$$

$$\int_{\sqrt{x}}^{\infty} \exp(-\mathrm{j}t^2)\,\mathrm{d}t = \sqrt{\frac{\pi}{8}}(1 - \mathrm{j}) - \int_{0}^{\sqrt{x}} \exp(-\mathrm{j}t^2)\,\mathrm{d}t \tag{62}$$

Cette intégrale peut se calculer par intégration numérique.

On peut aussi avoir recours à l'approximation utile suivante:

$$\int_{\sqrt{x}}^{\infty} \exp(-\mathrm{j}t^2)\,\mathrm{d}t = \sqrt{\frac{\pi}{2}} A(x) \tag{63}$$

où:

$$A(x) = \left\{ \begin{array}{ll} \dfrac{1 - \mathrm{j}}{2} - \exp(-\mathrm{j}x)\sqrt{\dfrac{x}{4}} \displaystyle\sum_{n=0}^{11} \left[(a_n + \mathrm{j}b_n)\left(\dfrac{x}{4}\right)^n \right] & \text{si } x < 4 \\ -\exp(-\mathrm{j}x)\sqrt{\dfrac{4}{x}} \displaystyle\sum_{n=0}^{11} \left[(c_n + \mathrm{j}d_n)\left(\dfrac{4}{x}\right)^n \right] & \text{dans les autres cas} \end{array} \right\} \tag{64}$$

et les coefficients a, b, c, d sont donnés au § 2.7:

$$L = \frac{s_2 \cdot s_1}{s_2 + s_1} \tag{65}$$

$$a^{\pm}(\beta) = 2\cos^2\left(\frac{2n\pi\, N^{\pm} - \beta}{2}\right) \tag{66}$$

où:

$$\beta = \Phi_2 \pm \Phi_1 \tag{67}$$

Dans l'équation (41), $N^{\pm}$ sont les entiers qui satisfont le mieux à l'équation suivante:

$$N^{\pm} = \frac{\beta \pm \pi}{2n\pi} \tag{68}$$

$R_0^{\overset{\perp}{||}}, R_n^{\overset{\perp}{||}}$ sont les coefficients de réflexion pour la polarisation perpendiculaire et la polarisation parallèle. Ils sont donnés par:

$$R^{\perp} = \frac{\sin(\Phi) - \sqrt{\eta - \cos(\Phi)^2}}{\sin(\Phi) + \sqrt{\eta - \cos(\Phi)^2}} \tag{69}$$

$$R'' = \frac{\eta \cdot \sin(\Phi) - \sqrt{\eta - \cos(\Phi)^2}}{\eta \cdot \sin(\Phi) + \sqrt{\eta - \cos(\Phi)^2}} \tag{70}$$

où:

$\Phi = \Phi_1$ pour R_0 et $\Phi = (n\pi - \Phi_2)$ pour R_n

$\eta = \varepsilon_r - \mathrm{j} \times 18 \times 10^9\ \sigma / f$

ε_r: constante diélectrique relative du dièdre

σ: conductivité du dièdre (S/m)

f: fréquence (Hz).

Il convient de noter qu'au besoin, les deux côtés du dièdre peuvent présenter des propriétés électriques différentes.

Aux limites entre les zones d'ombre et de réflexion, une des fonctions cotangentes de l'équation (60) présente une singularité.

$D^{\overset{\perp}{||}}$ reste cependant fini et peut être évalué facilement. Pour ε petit, le terme contenant la fonction cotangente singulière peut s'exprimer de la façon suivante:

$$\cot\left(\frac{\pi \pm \beta}{2n}\right) \cdot F(kLa^{\pm}(\beta)) \cong n \cdot \left[\sqrt{2\pi kL} \cdot \mathrm{sign}(\varepsilon) - 2kL\varepsilon \cdot \exp(\mathrm{j}\pi/4)\right] \cdot \exp(\mathrm{j}\pi/4) \tag{71}$$

où ε est défini par:

$$\varepsilon = \pi + \beta - 2\pi n N^+ \qquad \text{pour} \quad \beta = \Phi_2 + \Phi_1 \tag{72}$$

$$\varepsilon = \pi - \beta + 2\pi n N^- \qquad \text{pour} \quad \beta = \Phi_2 - \Phi_1 \tag{73}$$

La valeur du coefficient de diffraction résultant sera continue aux limites entre les zones d'ombre et de réflexion, à condition que le même coefficient de réflexion soit utilisé pour le calcul des rayons réfléchis.

Le champ e_{LD} dû au rayon diffracté, auquel s'ajoute le rayon en visibilité directe pour $(\Phi_2 - \Phi_1) < \pi$, est donné par:

$$e_{LD} = \begin{cases} e_{TUD} + \dfrac{\exp(-jks)}{s} & \text{pour} \quad \Phi_2 < \Phi_1 + \pi \\ e_{TUD} & \text{pour} \quad \Phi_2 \geq \Phi_1 + \pi \end{cases} \tag{74}$$

où:

s: distance en ligne droite entre la source et les points considérés du champ.

Il convient de noter que lorsque $(\Phi_2 - \Phi_1) = \pi$, le second terme en cotangente de l'équation (60) présentera une singularité et qu'il faudra utiliser l'approximation donnée par l'équation (71).

L'intensité du champ (dB) au point considéré par rapport au champ qui existerait en ce point en l'absence du dièdre (c'est-à-dire, en dB par rapport à l'espace libre) est obtenue en fixant e_0 à l'unité dans l'équation (59) et en calculant:

$$E_{TUD} = 20 \log \left(\left| \frac{s \cdot e_{TUD}}{\exp(-jks)} \right| \right) \tag{75}$$

où:

s: distance en ligne droite entre la source et les points considérés du champ.

Il convient de noter que pour $n = 2$ et des coefficients de réflexion nuls, cette expression devrait donner les mêmes résultats que la courbe d'affaiblissement de diffraction sur une arête en lame de couteau représentée sur la Fig. 9.

Une version MathCAD de la formule de la TUD est disponible auprès du Bureau des radiocommunications.

7 Guide pour la propagation par diffraction

Un guide général pour évaluer l'affaiblissement par diffraction correspondant aux § 3 et 4 est indiqué à la Fig. 18. Ce diagramme résume la procédure à suivre dans chaque cas.

FIGURE 18

Guide pour la propagation par diffraction

Analyse du profil du trajet
§ 2.6
Définition des irrégularités du terrain
§ 2.6
§ 2.6
Terre régulière?
Oui
§ 2.3
Trajet en visibilité directe comportant des obstacles?
Oui
Diffraction sur l'horizon (FIN)
§ 3.1
Non
Interpolation linéaire (FIN)
§ 3.2
No
Diffraction sur des obstacles isolés
§ 4
Rayon de l'obstacle disponible?
Oui
Obstacle unique?
Oui
Obstacle unique de sommet arrondi (FIN)
§ 4.2
Non
Plusieurs obstacles de sommet arrondi (FIN)
§ 4.3 ou 4.4.1
Non
Modèle à arête en lame de couteau
§ 4.1
Obstacle unique?
Oui
Obstacle à une seule arête en lame de couteau (FIN)
§ 4.1
Non
Deux obstacles?
Oui
Deux obstacles isolés (FIN)
§ 4.3
Non
Plusieurs arêtes en lame de couteau (FIN)
§ 4.4.2

0526-18

Appendice 1
à l'Annexe 1

Calcul des paramètres des cylindres

La procédure ci-après peut être utilisée pour calculer les paramètres des cylindres (voir les Fig. 8 c) et 14) pour chacun des obstacles sur le terrain. On utilise des unités cohérentes et tous les angles sont exprimés en radians. Les approximations utilisées sont valables pour des trajets radioélectriques formant un angle d'environ 5° par rapport à l'horizontal.

1 Angles de diffraction et position du sommet

Bien qu'ils ne soient pas utilisés directement comme paramètres du cylindre, on a besoin de l'angle de diffraction sur le cylindre et de la position du sommet.

L'angle de diffraction sur l'obstacle est donné par la formule:

$$\theta = \alpha_w + \alpha_z + \alpha_e \tag{76}$$

où α_w et α_z sont les angles d'élévation des points x et y au-dessus de l'horizontale locale tels qu'ils sont vus respectivement depuis les points w et z, donnés par la formule:

$$\alpha_w = (h_x - h_w) / d_{wx} - d_{wx} / 2a_e \tag{77}$$

$$\alpha_z = (h_y - h_z) / d_{yz} - d_{yz} / 2a_e \tag{78}$$

et α_e est l'angle formé par la distance sur le grand cercle entre les points w et z, donnée par:

$$\alpha_e = d_{wz} / a_e \tag{79}$$

La distance entre le sommet et le point w est calculée selon que l'obstacle est représenté par un ou plusieurs échantillons du profil:

Pour un obstacle représenté par un seul point:

$$d_{wv} = d_{wx} \tag{80}$$

Pour un obstacle représenté par plusieurs points, il faut se protéger contre de très petites valeurs de la diffraction:

$$d_{wv} = \left[(\alpha_z + \alpha_e / 2)\, d_{wz} + h_z - h_w\right] / \theta \qquad \text{pour} \quad \theta \cdot a_e < d_{xy} \tag{81a}$$

$$d_{wv} = (d_{wx} + d_{wy}) / 2 \qquad \text{pour} \quad \theta \cdot a_e < d_{xy} \tag{81b}$$

La distance entre le point z et le point du sommet est donnée par:

$$d_{vz} = d_{wz} - d_{wv} \tag{82}$$

La hauteur du sommet au-dessus du niveau de la mer est calculée selon que l'obstacle est représenté par un ou plusieurs échantillons du profil.

Pour un obstacle représenté par un seul point:

$$h_v = h_x \tag{83}$$

Pour un obstacle représenté par plusieurs points:

$$h_v = d_{wv}\,\alpha_w + h_w + d^2_{wv} / 2a_e \tag{84}$$

2 Paramètres des cylindres

Les paramètres des cylindres (voir la Fig. 8 c)) peuvent maintenant être calculés pour chacun des obstacles définis selon la méthode de la corde tendue:

d_1 et d_2 sont les distances positives entre sommets jusqu'aux obstacles (ou terminaux) respectivement côté émetteur et côté récepteur de l'obstacle,

et:

$$h = h_v + d_{wv}\,d_{vz} / 2a_e - (h_w\,d_{vz} + h_z\,d_{wv}) / d_{wz} \tag{85}$$

Pour calculer le rayon du cylindre on utilise deux autres échantillons du profil:

p: point adjacent à *x*, côté émetteur,

et:

q: point adjacent à *y*, côté récepteur

Les indices *p* et *q* du profil sont donnés par:

$$p = x - 1 \tag{86}$$

et:

$$q = y + 1 \tag{87}$$

Si un point défini par *p* ou *q* est un terminal, la valeur correspondante de *h* devrait être la hauteur du terrain en ce point et non la hauteur de l'antenne au-dessus du niveau de la mer.

Le rayon du cylindre est calculé comme étant la différence de pente entre le tronçon du profil *p*-*x* et le tronçon *y*-*q*, en tenant compte de la courbure de la Terre, divisée par la distance entre *p* et *q*.

Les distances entre échantillons du profil dont on a besoin pour ce calcul sont:

$$d_{px} = d_x - d_p \tag{88}$$

$$d_{yq} = d_q - d_y \tag{89}$$

$$d_{pq} = d_q - d_p \tag{90}$$

La différence de pente entre les tronçons du profil p-x et y-q est exprimée en radians par:

$$t = (h_x - h_p) / d_{px} + (h_y - h_q) / d_{yq} - d_{pq} / a_e \qquad (91)$$

où a_e est le rayon équivalent de la Terre.

Le rayon du cylindre est maintenant donné par:

$$R = \left[d_{pq} / t\right] \left[1 - \exp(-4\,\nu)\right]^3 \qquad (92)$$

où ν est le paramètre sans dimensions de l'arête à lame de couteau de l'équation (32)

Dans l'équation (88), le deuxième terme est une fonction de lissage empirique appliquée au rayon du cylindre pour éviter les discontinuités dans le cas d'obstacles qui sont marginalement en visibilité directe.

Appendice 2
à l'Annexe 1

Affaiblissements de diffraction sur un sous-trajet

1 Introduction

Le présent Appendice décrit une méthode permettant de calculer l'affaiblissement de diffraction sur un sous-trajet dans le cas d'un tronçon en visibilité directe d'un trajet avec diffraction. Le trajet a été modélisé à l'aide de cylindres en cascade, chacun étant caractérisé par les points du profil w, x, y et z (voir les Fig. 13 et 14). La diffraction sur le sous-trajet sera calculée pour chaque tronçon du trajet total entre les points représentés par w et x, ou par y et z. Ce sont les tronçons en LoS du trajet entre les obstacles ou entre un terminal et un obstacle.

La méthode peut également être utilisée pour un trajet en visibilité directe, avec diffraction sur un sous-trajet, auquel cas elle s'applique à la totalité du trajet.

2 Méthode

Pour une section en visibilité directe du profil entre des échantillons d'indices u et v, la première tâche consiste à identifier l'échantillon du profil entre u et v (mais u et v exclus) qui occulte la plus grande partie de la première zone de Fresnel pour un rayon voyageant de u à v.

Pour éviter de choisir un point qui fait partie de l'un des obstacles du terrain déjà modélisé comme un cylindre, le profil entre u et v est limité à une section entre deux nouveaux échantillons d'indices p et q dont les valeurs sont fixées comme suit:

– $p = u + 1$.
– si $p < v$ et $h_p > h_{p+1}$, augmenter p de 1 et répéter.

– $q = v - 1$.

– Si $q > u$ et $h_q > h_{q-1}$, diminuer q de 1 et répéter.

Si $p = q$ l'affaiblissement dû à l'obstacle sur le sous-trajet est fixé à 0. Sinon, le calcul se fait comme suit.

Il est nécessaire de trouver la valeur minimale du dégagement normalisé C_F donné par h_z/F_1 en unités cohérentes:

h_z: hauteur du rayon au-dessus du point du profil

F_1: rayon de la première zone de Fresnel.

Le dégagement minimal normalisé peut s'écrire comme suit:

$$C_F = \min_{i=p}^{q} \left[(h_z)_i \, / \, (F_1)_i \right] \tag{93}$$

où

$$(h_z)_i = (h_r)_i - (h_t)_i \tag{94}$$

$$(F_1)_i = \sqrt{\lambda \cdot d_{ui} \cdot d_{iv} \, / \, d_{uv}} \tag{95}$$

$(h_r)_i$, hauteur du rayon au-dessus d'une droite joignant le niveau de la mer en u et en v au $i^{ième}$ point du profil est donnée par:

$$(h_r)_i = (h_u \cdot d_{iv} + h_v \cdot d_{ui}) \, / \, d_{uv} \tag{96}$$

$(h_t)_i$, hauteur du terrain au-dessus d'une droite joignant le niveau de la mer en u et en v au $j^{ième}$ point du profil est donnée par:

$$(h_t)_i = h_i + d_{ui} \cdot d_{iv} \, / \, 2a_e \tag{97}$$

On utilise la valeur minimale du dégagement normalisé pour calculer le paramètre géométrique de diffraction par une arête en lame de couteau dans le cas de l'obstacle le plus important du sous-trajet:

$$\nu = -C_F \cdot \sqrt{2} \tag{98}$$

L'affaiblissement de diffraction L'' sur le sous-trajet est alors obtenu à partir de l'expression (31) ou de la Fig. 9.

Dans certaines applications, il peut ne pas être souhaitable d'inclure les surchamps provoqués par la diffraction sur un sous-trajet. Dans ce cas, on fixe à zéro la valeur de L'' lorsqu'elle devient négative.

RECOMMANDATION UIT-R M.541-9*

Procédures d'exploitation des systèmes d'appel sélectif numérique à l'usage du service mobile maritime

(1978-1982-1986-1990-1992-1994-1995-1997-2004)

Résumé

Cette Recommandation spécifie les procédures d'exploitation des systèmes d'appel sélectif numérique (ASN) dont les caractéristiques techniques sont données dans la Recommandation UIT-R M.493. Elle contient cinq annexes. Les Annexes 1 et 2 spécifient les dispositions et les procédures applicables respectivement aux appels de détresse, d'urgence et de sécurité et aux appels de routine. Les Annexes 3 et 4 décrivent les procédures d'exploitation pour les navires et les stations côtières, et l'Annexe 5 donne la liste des fréquences utilisées pour l'ASN.

L'Assemblée des radiocommunications de l'UIT,

considérant

a) que l'appel sélectif numérique (ASN) sera utilisé selon la Recommandation UIT-R M.493;

b) que les spécifications du Chapitre IV de la Convention internationale pour la sauvegarde de la vie humaine en mer (SOLAS) 1974, modifiée, pour le système mondial de détresse et de sécurité en mer (SMDSM) sont fondées sur l'emploi de l'ASN pour les alertes et appels de détresse et qu'il est nécessaire d'élaborer des procédures d'exploitation de ce système;

c) que les procédures d'exploitation devraient, autant que possible, être les mêmes dans toutes les bandes de fréquences et pour tous les types de communications;

d) que l'ASN peut constituer un moyen supplémentaire utile pour transmettre une alerte de détresse, en plus des dispositions relatives à la transmission de l'alerte de détresse par les méthodes et les procédures prescrites dans le Règlement des radiocommunications (RR);

e) que les conditions de déclenchement d'une alarme devraient être spécifiées,

recommande

1 que les caractéristiques techniques de l'équipement utilisé pour l'ASN dans le service mobile maritime soient conformes aux Recommandations UIT-R pertinentes;

2 que les procédures d'exploitation à appliquer dans les bandes d'ondes hectométriques, décamétriques et métriques pour l'ASN soient conformes aux indications données dans l'Annexe 1 pour les appels de détresse et de sécurité et dans l'Annexe 2 pour les autres appels;

3 que des dispositions soient prises dans les stations équipées pour l'ASN afin d'assurer:

3.1 l'enregistrement manuel de l'adresse, de la nature de l'appel, de la catégorie et des divers messages dans une séquence d'ASN;

3.2 la vérification et, si nécessaire, la correction du format de la séquence d'appel composée manuellement;

---

* Cette Recommandation doit être portée à l'attention de l'Organisation maritime internationale (OMI) et du Secteur de la normalisation des télécommunications (UIT-T).

3.3 que les stations soient munies d'un dispositif d'alarme acoustique avec indication visuelle avertissant de la réception d'un appel de détresse ou d'urgence ou d'un appel avec indication de catégorie «détresse». Il doit être impossible de mettre ce dispositif et cette indication d'alarme hors service. Des dispositions doivent être prises pour faire en sorte qu'ils ne puissent être réenclenchés qu'à la main;

3.4 une (ou des) alarme(s) acoustique(s) et des indications visuelles pour la réception d'appels autres que les appels de détresse et d'urgence. Il doit être possible de mettre le dispositif d'alarme(s) acoustique(s) hors service;

3.5 que ces indicateurs visuels fournissent les renseignements suivants:

3.5.1 nature de l'adresse de l'appel reçu (appel à toutes les stations, à un groupe de stations, à des stations se trouvant dans une zone géographique particulière, à une station individuelle);

3.5.2 catégorie;

3.5.3 identité de la station appelante;

3.5.4 type d'information: numérique ou alphanumérique (par exemple information de fréquence et télécommande);

3.5.5 type de «caractère de fin de séquence»;

3.5.6 détection d'erreurs, s'il y a lieu;

3.6 la surveillance de la voie utilisée pour l'ASN afin de déterminer la présence d'un signal avec, sauf dans le cas d'appels de détresse, d'urgence et de sécurité autres que les appels d'essai, un dispositif qui empêche automatiquement qu'un appel ASN soit émis avant que la voie ne soit libre;

4 que le fonctionnement de l'équipement soit simple;

5 que les procédures relatives à l'exploitation en Annexes 3 et 4, établies à partir des procédures des Annexes 1 et 2 et du RR, servent de guide pour les navires et les stations côtières.

6 que les fréquences utilisées pour les besoins de la détresse et de la sécurité utilisant l'ASN soient celles contenues dans l'Annexe 5 à la présente Recommandation (voir l'Appendice 15 du RR).

NOTE 1 – Les termes ci-après, utilisés dans la présente Recommandation, ont les définitions suivantes:

Fréquence unique: même fréquence utilisée pour l'émission et la réception.

Fréquences appariées: fréquences associées par paires; chaque paire se compose d'une fréquence d'émission et d'une fréquence de réception.

Fréquences internationales pour l'ASN: fréquences désignées dans le RR aux fins exclusives de l'ASN à l'échelon international.

Fréquences nationales pour l'ASN: fréquences assignées à des stations côtières individuelles ou à des groupes de stations et sur lesquelles l'ASN est autorisé (il peut s'agir aussi bien de fréquences de trafic que de fréquences d'appel). L'utilisation de ces fréquences doit être conforme aux dispositions du RR.

ASN automatique dans une station de navire: mode d'exploitation utilisant des émetteurs et des récepteurs à accord automatique, approprié au fonctionnement sans surveillance et prévoyant l'accusé de réception automatique des appels à la réception d'un ASN ainsi que le transfert automatique sur les fréquences de travail appropriées.

Tentative d'appel: une séquence d'appel ou un nombre limité de séquences d'appel adressées aux mêmes stations sur une ou plusieurs fréquences et pendant un intervalle de temps relativement court (par exemple, quelques minutes). On considère qu'une tentative d'appel n'a pas abouti si une séquence d'appel contient le symbole RQ à la fin de la séquence et si aucun accusé de réception n'est reçu pendant cet intervalle de temps.

Annexe 1

Dispositions et procédures applicables aux appels de détresse, d'urgence et de sécurité

1 Introduction

Les éléments de Terre du SMDSM adoptés par les amendements de 1988 à la Convention SOLAS, 1974, sont fondés sur l'emploi de l'ASN pour les communications de détresse et de sécurité.

1.1 Méthode d'appel

Les dispositions du Chapitre VII du RR sont applicables à l'utilisation de l'ASN dans les cas de détresse, d'urgence ou de sécurité.

2 Alerte de détresse ASN

L'«alerte de détresse» ASN fournit les éléments suivants: alerte, auto-identification, position du navire avec l'heure et nature de la détresse, tels que définis dans le RR (voir le Chapitre VII du RR).

3 Procédures applicables aux alertes de détresse ASN

3.1 Emission par une unité mobile en détresse

3.1.1 L'équipement ASN doit pouvoir être préréglé de manière à émettre l'alerte de détresse sur au moins une des fréquences à utiliser pour l'alerte en cas de détresse.

3.1.2 L'alerte de détresse doit être composée conformément à la Recommandation UIT-R M.493. L'information de position du navire, y compris l'heure à laquelle elle a été relevée, doit y être incluse, ainsi que la nature de la détresse. Si la position du navire ne peut pas être incluse, les signaux d'indication de la position doivent être émis automatiquement sous la forme du chiffre 9 répété 10 fois; si l'heure ne peut pas être incluse, les signaux d'indication de l'heure doivent être émis automatiquement sous la forme du chiffre 8 répété 4 fois.

3.1.3 Tentative d'alerte de détresse

En ondes hectométriques et décamétriques, une tentative d'alerte de détresse peut donner lieu à une émission sur une seule fréquence ou sur plusieurs fréquences. En ondes métriques, seuls les appels avec émission sur une seule fréquence sont utilisés.

3.1.3.1 Tentative d'appel sur une seule fréquence

Une tentative d'alerte de détresse devrait être émise sous forme de cinq appels consécutifs sur une même fréquence. Afin d'éviter la collision des appels et la perte des accusés de réception, cette tentative d'appel peut être émise de nouveau sur la même fréquence après que se soit écoulé un délai aléatoire de l'ordre de 3 ½ à 4 ½ min à partir du début de l'appel initial. Des accusés de réception arrivant en ordre aléatoire peuvent donc être reçus sans être bloqués par la réémission. Ce délai aléatoire devrait être automatique chaque fois qu'une émission est répétée; cependant il devrait être possible de remplacer la répétition automatique par une manœuvre manuelle.

En ondes hectométriques et décamétriques, des tentatives d'appel sur une seule fréquence peuvent être répétées sur plusieurs fréquences après que se soit écoulé un délai aléatoire de l'ordre de 3 ½ à 4 ½ min à partir du début de l'appel initial. Cependant, si une station est à même de recevoir sans interruption des accusés de réception sur toutes les fréquences de détresse, à l'exception de la fréquence utilisée pour l'émission, les tentatives d'appel sur une seule fréquence peuvent être répétées sur différentes fréquences sans ce délai.

3.1.3.2 Tentative d'appel sur plusieurs fréquences

Une tentative d'alerte de détresse peut être émise sous forme de six appels consécutifs (voir la Note 1) au maximum répartis sur 6 fréquences de détresse au plus (1 fréquence dans la bande des ondes hectométriques et 5 dans celle des ondes décamétriques). Les stations émettant des tentatives d'alerte de détresse sur plusieurs fréquences devraient pouvoir recevoir sans interruption des accusés de réception sur toutes les fréquences à l'exception de la fréquence utilisée pour l'émission, ou terminer la tentative d'appel dans un délai de 1 min.

Les tentatives d'appel sur plusieurs fréquences peuvent être répétées après que se soit écoulé un délai aléatoire de l'ordre de 3 ½ à 4 ½ min à partir du début de la tentative d'appel précédente.

NOTE 1 – Un appel sur ondes métriques peut être émis simultanément avec un appel sur ondes hectométriques/décamétriques.

3.1.4 Détresse

En cas de détresse, il convient que l'opérateur:

3.1.4.1 enregistre le mode désiré de la communication subséquente et, s'il en a le temps, la position du navire et l'heure (voir la Note 1) à laquelle elle a été relevée, ainsi que la nature de la détresse (voir la Note 1);

NOTE 1 – Si ces indications ne sont pas enregistrées automatiquement.

3.1.4.2 choisisse la ou les fréquences de détresse à utiliser (voir la Note 1 du § 3.1.4.1);

3.1.4.3 déclenche la tentative d'alerte de détresse en pressant le bouton réservé aux «alertes de détresse».

3.2 Réception

L'équipement ASN doit pouvoir assurer une veille efficace permanente sur les fréquences ASN appropriées d'alerte en cas de détresse.

3.3 Accusé de réception des alertes de détresse

Les accusés de réception des alertes de détresse doivent être déclenchés manuellement.

Les accusés de réception doivent être émis sur la même fréquence que celle sur laquelle l'alerte de détresse a été reçue.

3.3.1 Normalement, seules les stations côtières appropriées doivent accuser réception des alertes de détresse au moyen de l'ASN. Elles doivent de plus veiller en radiotéléphonie et, si le signal «mode de la communication subséquente» contenu dans l'alerte de détresse reçue indique téléimprimeur, cette veille devrait également être assurée en télégraphie à impression directe à bande étroite (IDBE) (voir la Recommandation UIT-R M.493). Dans les deux cas, les fréquences attribuées à la radiotéléphonie et à la télégraphie IDBE devraient être celles associées à la fréquence sur laquelle l'alerte de détresse a été reçue.

3.3.2 Les accusés de réception des stations côtières des alertes de détresse ASN émis en ondes hectométriques ou décamétriques doivent être déclenchés dans un délai d'au moins 1 min et, en règle générale, d'au plus 2¾ min après réception de l'alerte de détresse. Ainsi tous les appels de détresse sur une ou plusieurs fréquences peuvent-ils être effectués; d'autre part, les stations côtières devraient disposer de suffisamment de temps pour répondre à l'alerte de détresse. Les accusés de réception des stations côtières en ondes métriques doivent être émis dès que possible.

3.3.3 L'accusé de réception d'une alerte de détresse consiste en un seul appel d'accusé de réception ASN qui doit être adressé «à tous les navires» et doit comprendre l'identification (voir la Recommandation UIT-R M.493) du navire ayant envoyé l'alerte de détresse qui fait l'objet de l'accusé de réception.

3.3.4 Les navires qui reçoivent une alerte de détresse ASN en provenance d'un autre navire doivent assurer la veille sur une fréquence associée à utiliser pour le trafic de détresse et de sécurité en radiotéléphonie et accuser réception de l'appel en radiotéléphonie.

Si une station de navire continue à recevoir une alerte de détresse ASN sur une voie à ondes hectométriques ou métriques, elle doit émettre un accusé de réception ASN pour mettre fin à l'appel uniquement après avoir consulté un centre de coordination de sauvetage ou une station côtière et avoir été invitée à procéder ainsi.

3.3.5 Il doit être mis fin automatiquement à la répétition d'une tentative d'alerte de détresse à la réception d'un accusé de réception de détresse ASN.

3.3.6 Lorsque le trafic de détresse, d'urgence et de sécurité ne peut être assuré correctement en radiotéléphonie, une station affectée peut indiquer son intention de procéder aux communications suivantes sur la fréquence associée attribuée à la télégraphie IDBE.

3.4 Relais de détresse

Les appels de relais de détresse doivent être déclenchés manuellement.

3.4.1 Un appel de relais de détresse doit utiliser le signal de télécommande «relais de détresse» conformément à la Recommandation UIT-R M.493 et la tentative d'appel doit se dérouler selon la procédure décrite aux § 3.1.3 à 3.1.3.2 pour les alertes de détresse, à cela près que l'alerte est envoyée manuellement sous la forme d'un appel unique sur une fréquence unique.

3.4.2 Tout navire qui, sur une voie en ondes décamétriques, reçoit une alerte de détresse dont aucune station côtière n'accuse réception dans un délai de 5 min doit transmettre un appel de relais de détresse à destination de la station côtière appropriée.

3.4.3 L'accusé de réception d'un appel de relais de détresse émis par une station côtière ou par une station de navire et adressé à plusieurs navires doit être émis en radiotéléphonie par une station de navire. L'accusé de réception d'un appel de relais de détresse émis par une station de navire, conformément à la procédure décrite aux § 3.3 à 3.3.3 pour les accusés de réception de détresse doit être émis par une station côtière sous forme d'un appel «d'accusé de réception de relais de détresse».

4 Procédures applicables aux appels d'urgence et de sécurité ASN

4.1 L'ASN permet, sur les fréquences d'appel de détresse et de sécurité, aux stations côtières d'avertir les navires marchands et aux navires d'avertir les stations côtières et/ou les stations de navire, de l'émission imminente de messages d'urgence, d'informations vitales pour la navigation ou de messages de sécurité, sauf si cette émission doit avoir lieu à une heure faisant partie d'un horaire régulier. L'appel doit indiquer la fréquence de travail qui sera employée pour les transmissions subséquentes de messages d'urgence, d'informations vitales pour la navigation ou de messages de sécurité.

4.2 L'annonce et l'identification de transports médicaux doivent être effectuées selon les techniques ASN sur les fréquences appropriées aux appels de détresse et de sécurité. Ces appels doivent utiliser la catégorie «urgence», et la télécommande, la catégorie «transport médical» et être adressés à tous les navires (ondes métriques) ou aux navires se trouvant dans une zone géographique donnée (ondes hectométriques/décamétriques).

4.3 Les procédures d'exploitation applicables aux appels d'urgence et de sécurité doivent être conformes au § 2.1 ou § 2.2 et au § 3.1 ou 3.2 de l'Annexe 3.

5 Mise à l'essai de l'équipement utilisé pour les appels de détresse et de sécurité

La mise à l'essai sur les fréquences exclusives d'appel de détresse et de sécurité ASN doit être évitée dans la mesure du possible par le recours à d'autres méthodes. Un appel d'essai en ondes métriques, hectométriques ou décamétriques doit être conforme à la Recommandation UIT-R M.493 (voir le Tableau 4.7) et la station appelée peut en accuser réception. Normalement, il n'y aura pas de communication ultérieure entre les deux stations concernées.

Annexe 2

Dispositions et procédures applicables aux appels de routine

1 Fréquences/voies

1.1 Il convient, en règle générale, d'utiliser des fréquences appariées en ondes hectométriques et décamétriques, auquel cas un accusé de réception est émis sur la fréquence appariée à celle de l'appel reçu dans des cas exceptionnels, pour les besoins nationaux, on peut utiliser une seule fréquence. Si le même appel est reçu sur plusieurs canaux d'appel, on choisira le mieux approprié pour émettre l'accusé de réception. Sur ondes métriques, une seule voie de fréquence devrait être utilisée.

1.2 Appels internationaux

Les fréquences appariées dont la liste figure dans l'Appendice 17, Partie A du RR et dans l'Annexe 5 de la présente Recommandation doivent être utilisées pour les appels ASN internationaux.

1.2.1 En ondes hectométriques et décamétriques, les fréquences ASN internationales doivent être utilisées exclusivement pour les appels dans le sens côtière-navire et pour les accusés de réception correspondants, en provenance de navires équipés pour l'ASN automatique lorsque l'on sait que les navires intéressés n'écoutent pas sur les fréquences nationales de la station côtière.

1.2.2 Tous les appels ASN dans le sens navire-côtière en ondes hectométriques et décamétriques doivent être émis de préférence sur les fréquences nationales de la station côtière.

1.3 Appels nationaux

Les stations côtières doivent éviter d'utiliser les fréquences internationales ASN pour les appels qu'elles peuvent faire sur leurs fréquences nationales.

1.3.1 Les stations de navire doivent assurer la veille sur les voies nationales et internationales appropriées. (Des mesures appropriées doivent être prises pour répartir uniformément la charge des voies nationales et internationales.)

1.3.2 Les administrations sont instamment invitées à rechercher des méthodes et à négocier des conditions en vue d'améliorer l'utilisation des voies ASN disponibles, par exemple:

– utilisation coordonnée et/ou commune d'émetteurs de stations côtières;
– obtention d'une probabilité optimale d'appels efficaces, par les moyens suivants: fournir à des stations de navire des renseignements sur les fréquences (voies) appropriées sur lesquelles la veille doit être assurée; transmission d'informations de stations de navire vers un certain nombre de stations côtières (informations concernant la voie sur laquelle la veille est assurée à bord).

1.4 Méthode d'appel

1.4.1 Les procédures énoncées dans le présent paragraphe s'appliquent à l'utilisation des techniques ASN, à l'exception des cas de détresse, d'urgence ou de sécurité qui sont régis par les dispositions du Chapitre VII du RR.

1.4.2 L'appel doit contenir des renseignements indiquant la station ou les stations auxquelles l'appel est destiné, ainsi que l'identification de la station appelante.

1.4.3 L'appel doit également contenir des renseignements indiquant le type de communication à établir et peut également inclure des renseignements supplémentaires tels qu'une fréquence ou voie de travail proposée; ces renseignements doivent être toujours compris dans les appels des stations côtières, qui auront la priorité à de telles fins.

1.4.4 Une voie appropriée d'appel sélectif numérique choisie conformément aux dispositions des numéros 52.128 à 52.137 du RR ou des numéros 52.145 à 52.153 du RR selon le cas doit être utilisée pour l'appel.

2 Procédures d'exploitation

Le format technique de la séquence d'appel doit être conforme aux Recommandations UIT-R pertinentes.

Il est répondu à un ASN indiquant qu'un accusé de réception est demandé en émettant un accusé de réception approprié selon les techniques ASN.

Les accusés de réception peuvent être émis manuellement ou automatiquement. Lorsque l'accusé de réception peut être émis automatiquement, il doit être conforme aux Recommandations UIT-R pertinentes.

Le format technique de la séquence d'accusé de réception doit être conforme aux Recommandations UIT-R pertinentes.

Pour la communication entre une station de navire et une station côtière, il appartient en définitive à cette dernière de décider de la voie ou de la fréquence de travail à utiliser.

L'écoulement du trafic et le contrôle du fonctionnement en radiotéléphonie doivent être conformes à la Recommandation UIT-R M.1171.

Une séquence typique d'appel et d'accusé de réception ASN contient les signaux suivants (voir la Recommandation UIT-R M.493).

Composition d'une séquence typique d'appel ASN de routine et d'accusé de réception

Signal	*Méthode de composition*
– spécificateur de format	sélection par l'opérateur
– adresse	enregistrement par l'opérateur
– catégorie (routine)	sélection automatique
– auto-identification	préprogrammation
– information de télécommande	sélection par l'opérateur
– information de fréquence (s'il y a lieu)	sélection ou enregistrement par l'opérateur
– numéro téléphonique (uniquement pour enregistrement des communications semi-automatiques/automatiques dans le sens navire-côtière)	enregistrement par l'opérateur
– signal de fin de séquence	sélection automatique.

2.1 Une station côtière envoie un appel à une station de navire (voir la Note 1)

Les Fig. 1 et 2 illustrent les procédures décrites ci-après, respectivement sous la forme d'un organigramme et d'un diagramme de temps.

NOTE 1 – Pour plus de détails sur les procédures applicables aux services semi-automatiques/automatiques, on se reportera aux Recommandations UIT-R M.689 et UIT-R M.1082.

2.1.2 S'il existe une connexion directe entre l'abonné demandeur et la station côtière, la station côtière demande à l'abonné demandeur la position approximative du navire.

2.1.3 Si la position du navire ne peut être indiquée par l'abonné demandeur, l'opérateur de la station côtière essaie de déterminer cette position à partir des informations dont dispose la station côtière.

2.1.4 La station côtière examine s'il ne serait pas préférable que l'appel soit transmis par une autre station côtière (voir le § 1.3.2).

2.1.5 La station côtière vérifie qu'il n'y a pas d'obstacle ou de restriction à l'émission d'un ASN (par exemple navire non équipé pour l'ASN ou faisant l'objet d'une interdiction).

2.1.6 Dans le cas où il n'y a pas d'obstacle à l'ASN, la station côtière compose la séquence d'appel comme suit:

– elle choisit le spécificateur de format,
– elle enregistre l'adresse du navire,
– elle choisit la catégorie,
– elle choisit l'information de télécommande,
– elle insère, s'il y a lieu, l'indication de la fréquence de travail dans la partie message de la séquence,
– en général, elle choisit le signal de fin de séquence «RQ». Cependant, si la station côtière sait que la station de navire ne peut pas répondre ou si l'appel est adressé à un groupe de navires, elle ne transmet pas l'indication de la fréquence, et le signal de fin de séquence doit être le signal 127, auquel cas la procédure suivante (voir les § 2.1.13 à 2.1.15) concernant un accusé de réception n'est pas applicable.

FIGURE 1

Organigramme des procédures d'exploitation pour l'appel dans le sens côtière-navire

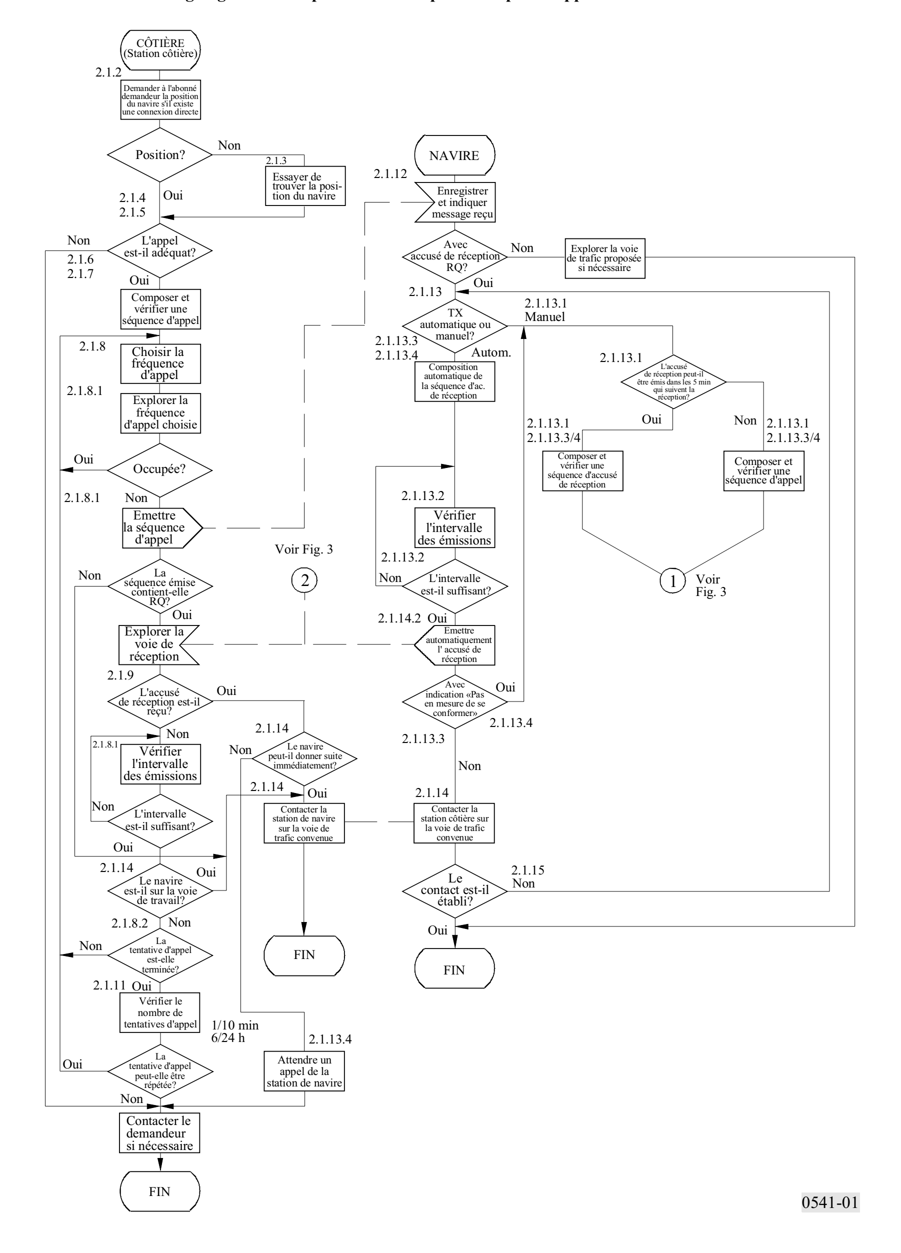
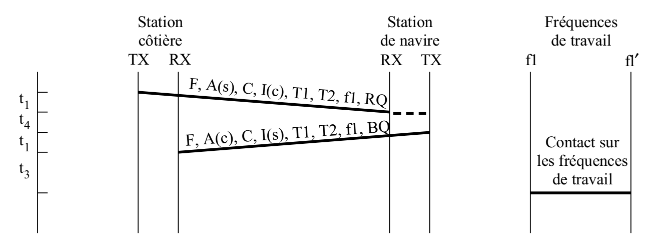
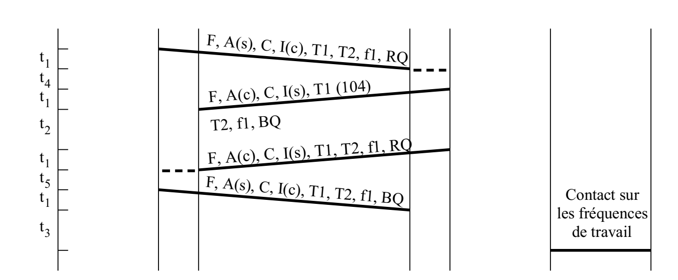


FIGURE 2

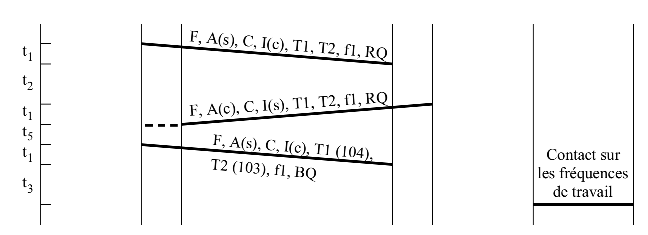
Exemple de diagrammes de temps pour l'appel dans le sens côtière-navire



a) Emetteur automatique (en mesure de donner suite à la demande)



b) Emetteur automatique (pas en mesure de donner suite à la demande)



c) Emetteur de navire non automatique. Le navire envoie une réponse différée (> 5 min) à la station côtière et bute sur la file d'attente sur la fréquence de travail

t_1: durée d'émission d'une séquence ASN

t_2: intervalle de temps s'écoulant entre la réception de l'ASN à bord du navire et l'émission par le navire après l'arrivée de l'opérateur dans la cabine radio (de plusieurs minutes à plusieurs heures)

t_3: temps nécessaire pour le passage de la fréquence d'appel à la fréquence de trafic y compris, le cas échéant, le délai nécessaire pour la libération de la voie de trafic (file d'attente)

t_4: comme défini au § 2.1.13.2

t_5: temps nécessaire à la station côtière pour préparer l'accusé de réception (voir § 2.2.6)

F : spécificateur de format

A : adresse de la station appelée

I : auto-identification de la station appelante — suffixe (c) ou (s) indiquant respectivement une station côtière ou une station de navire

C : catégorie

T1 : premier signal de télécommande (104): «Pas en mesure de donner suite»

T2 : second signal de télécommande (103), indiquant la file d'attente

f1, f1′ : fréquences de travail

RQ, BQ : signaux de fin de séquence

0541-02

2.1.7 La station côtière vérifie la séquence d'appel.

L'appel doit être émis une seule fois sur une seule voie d'appel ou sur une fréquence appropriée. L'émission simultanée sur plus d'une fréquence ne sera faite que dans des circonstances exceptionnelles.

2.1.8 L'opérateur de la station côtière choisit les fréquences d'appel les mieux appropriées compte tenu de la position du navire.

2.1.8.1 Après avoir vérifié, autant que possible, qu'il n'y a pas d'appel en cours, l'opérateur de la station côtière déclenche l'émission de la séquence sur l'une des fréquences choisies. L'émission sur une fréquence quelconque devrait être limitée à un maximum de 2 séquences d'appel séparées par des intervalles d'au moins 45 s, cela afin de permettre la réception d'un accusé de réception en provenance du navire.

2.1.8.2 S'il y a lieu, on peut émettre une «tentative d'appel» qui peut comporter l'émission de la même séquence d'appel sur d'autres fréquences (si nécessaire, en modifiant l'indication de la fréquence de travail pour qu'elle corresponde à la même bande que la fréquence d'appel) effectuée tour à tour à des intervalles d'au moins 5 min, en suivant le même schéma que celui indiqué au § 2.1.8.1.

2.1.9 Après l'arrivée d'un accusé de réception, l'émission de la séquence d'appel doit cesser.

La station appelante se prépare à émettre le trafic sur la voie ou sur la fréquence de travail qu'elle a proposée.

2.1.10 L'accusé de réception de l'appel ne doit être émis qu'après réception d'une séquence d'appel se terminant par une demande d'accusé de réception.

2.1.11 Lorsqu'une station appelée ne répond pas, la tentative d'appel ne doit normalement pas être répétée avant un délai d'au moins 15 min. Une même tentative d'appel ne doit pas être répétée plus de 5 fois en 24 h. La durée totale pendant laquelle les fréquences sont occupées par une seule et même tentative d'appel ne doit normalement pas dépasser 1 min.

Les procédures suivantes sont appliquées dans la station de navire:

2.1.12 Après réception d'une séquence d'appel par la station de navire, le message reçu doit être affiché.

2.1.13 Lorsqu'une séquence d'appel reçue contient un signal de fin de séquence «RQ», une séquence d'accusé de réception doit être composée et émise.

Le spécificateur de format et l'information de catégorie doivent être les mêmes que ceux de la séquence d'appel reçue.

2.1.13.1 Si la station de navire n'est pas équipée pour l'ASN automatique, l'opérateur du navire déclenche, après un délai d'au moins 5 s et au plus de 4½ min suivant la réception de la séquence d'appel, un accusé de réception à destination de la station côtière, en utilisant les procédures d'appel navire-côtière décrites au § 2.2. Cependant, la séquence émise doit comporter un signal de fin de séquence «BQ» au lieu de «RQ».

Si cet accusé de réception ne peut être émis dans les 5 min qui suivent la réception de la séquence d'appel, la station de navire doit émettre une séquence d'appel à destination de la station côtière en utilisant les procédures d'appel navire-côtière décrites au § 2.2.

2.1.13.2 Si le navire est équipé pour l'ASN automatique, la station de navire émet automatiquement un accusé de réception avec un signal de fin de séquence «BQ». Cet accusé de réception doit commencer à être émis dans un délai de 30 s en ondes hectométriques et décamétriques ou dans un délai de 3 s en ondes métriques après réception de la séquence d'appel complète.

2.1.13.3 Si le navire est en mesure de donner suite immédiatement à la demande, la séquence d'accusé de réception doit comprendre un signal de télécommande identique à celui qui a été reçu dans la séquence d'appel et indiquant que le navire est en mesure de donner suite à la demande.

Si aucune voie ou fréquence de travail n'a été proposée dans l'appel, il convient que la station appelée indique une proposition à cet effet dans son accusé de réception de l'appel.

2.1.13.4 Si le navire n'est pas en mesure de donner suite immédiatement à la demande, la séquence d'accusé de réception doit comprendre le signal de télécommande 104 (pas en mesure de me conformer), avec un second signal de télécommande donnant des informations complémentaires (voir la Recommandation UIT-R M.493).

Lorsque le navire est à même, à un moment ultérieur, d'accepter le trafic offert, l'opérateur du navire déclenche un appel à destination de la station côtière en utilisant les procédures d'appel navire-côtière décrites au § 2.2.

2.1.14 Si l'on accuse réception d'un appel indiquant que le navire est en mesure de donner suite immédiatement à la demande et si la communication entre la station côtière et la station de navire est établie sur la voie de travail convenue, on considère que la procédure d'appel ASN est achevée.

2.1.15 Si la station de navire émet un accusé de réception et que cet accusé de réception n'est pas reçu par la station côtière, celle-ci répétera l'appel (conformément au § 2.1.11). Dans ce cas, la station de navire doit émettre un nouvel accusé de réception. Si la station de navire ne reçoit pas d'appel répété, elle doit émettre un accusé de réception ou une séquence d'appel, conformément au § 2.1.13.1.

2.2 Une station de navire envoie un appel à une station côtière (voir la Note 1)

Les Fig. 3 et 4 illustrent les procédures décrites ci-après, respectivement sous la forme d'un organigramme et d'un diagramme de temps.

Ces procédures doivent être également suivies aussi bien pour envoyer une réponse différée à un appel reçu antérieurement de la station côtière (voir le § 2.1.13.1) que pour déclencher la transmission du trafic au départ de la station de navire.

NOTE 1 – Pour plus de détails sur les procédures applicables uniquement aux services semi-automatique/automatique en ondes métriques, voir les Recommandations UIT-R M.689 et UIT-R M.1082.

2.2.1 Le navire compose la séquence d'appel comme suit:

– l'opérateur choisit le spécificateur de format,

– l'opérateur enregistre l'adresse,

– la catégorie est choisie automatiquement,

– l'auto-identification est préprogrammée,

– l'opérateur choisit l'information de télécommande,

– s'il y a lieu, l'opérateur introduit (choisit ou enregistre) l'indication de la fréquence de travail ou enregistre l'indication de la position (ondes hectométriques et décamétriques uniquement) dans la partie message de la séquence,

– l'opérateur enregistre le numéro téléphonique requis (uniquement pour les communications semi-automatiques/automatiques),

– le signal de fin de séquence «RQ» est choisi automatiquement.

FIGURE 3

Organigramme des procédures d'exploitation pour l'appel dans le sens navire-côtière

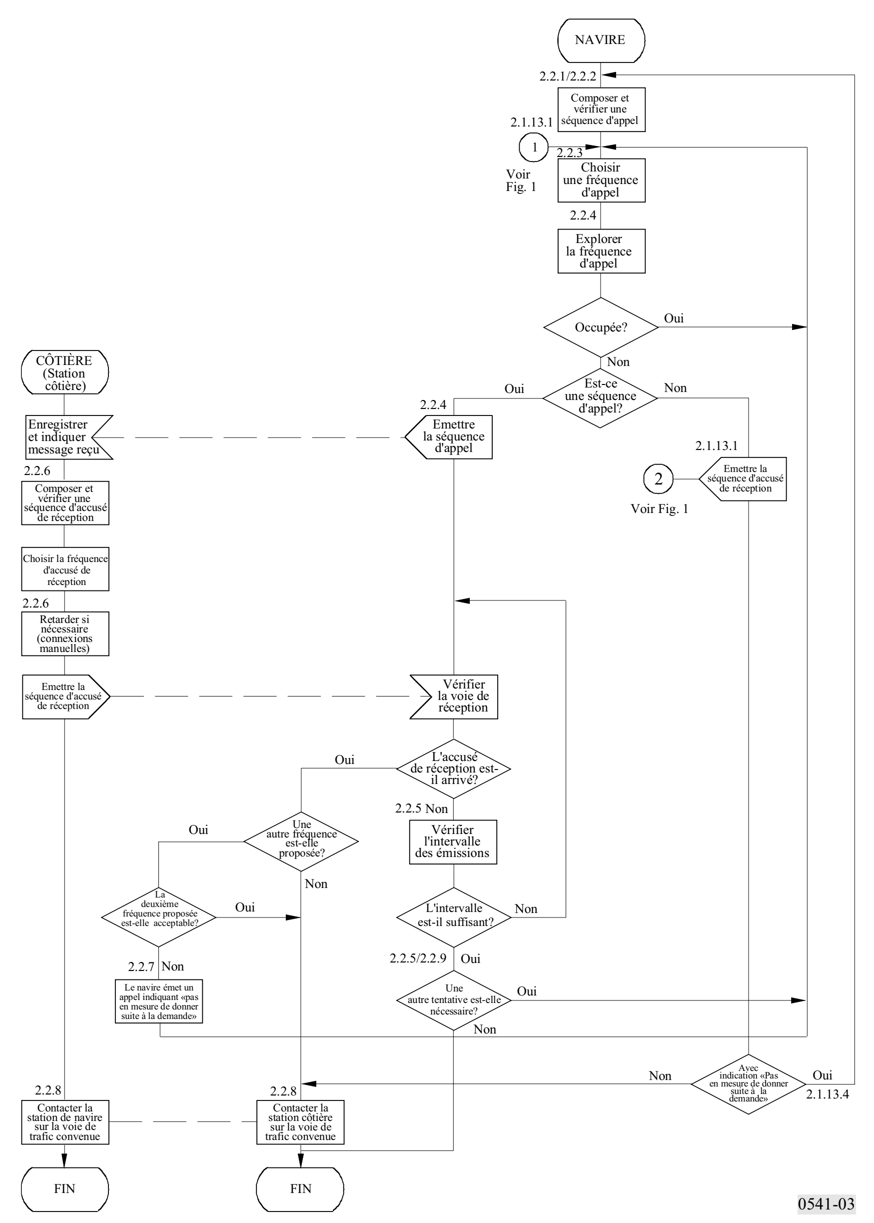
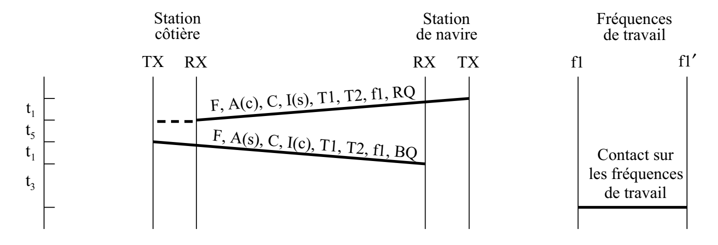
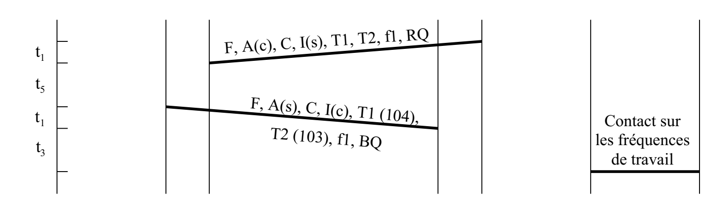


FIGURE 4

Exemples de diagrammes de temps pour l'appel dans le sens navire-côtière



a) En mesure de donner suite immédiatement



b) Liste d'attente sur la fréquence de travail

t_1 : durée d'émission d'une séquence ASN
t_3 : temps nécessaire pour le passage de la fréquence d'appel à la fréquence de trafic y compris, le cas échéant, le délai nécessaire pour la libération de la voie de trafic (file d'attente)
t_5 : temps nécessaire à la station côtière pour préparer l'accusé de réception (voir § 2.2.6)
F : spécificateur de format
A : adresse de la station appelée
I : auto-identification de la station appelante { suffixe (c) ou (s) indiquant respectivement une station côtière ou une station de navire
C : catégorie
T1 : premier signal de télécommande (104): «Pas en mesure de donner suite»
T2 : second signal de télécommande (103), indiquant la file d'attente
f1, f1′ : fréquences de travail
RQ, BQ : signaux de fin de séquence

0541-04

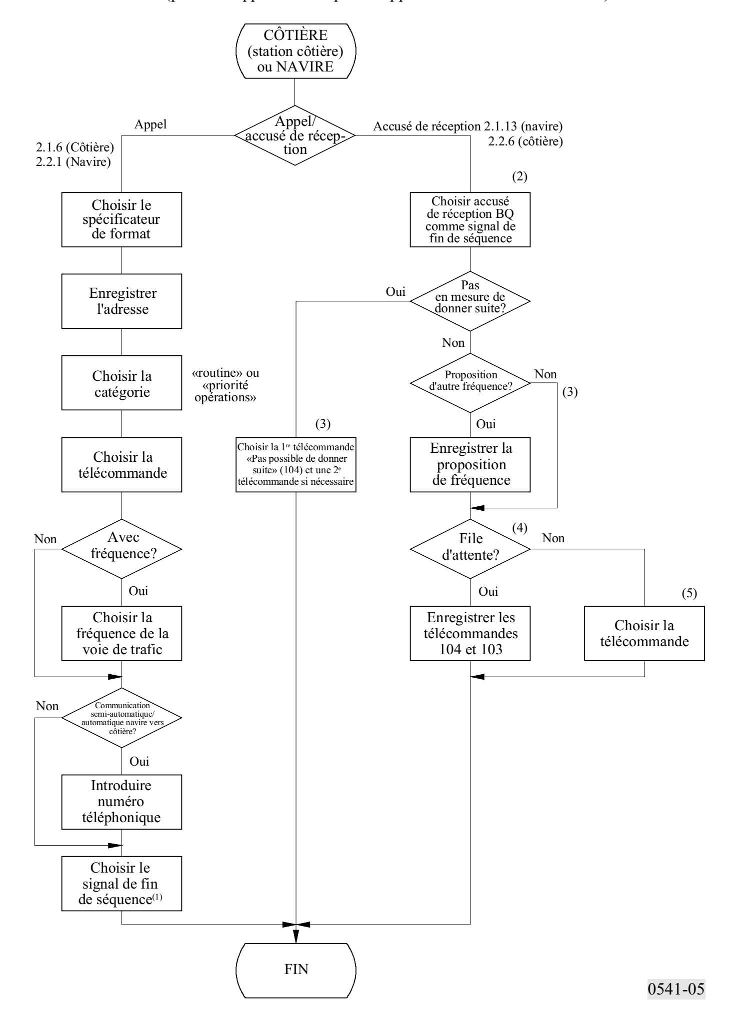
2.2.2 Le navire vérifie la séquence d'appel.

2.2.3 Le navire choisit la fréquence d'appel unique qui convient le mieux, de préférence en utilisant les voies assignées à la station côtière au plan national; à cette fin, il doit envoyer une seule fréquence d'appel sur la fréquence choisie.

2.2.4 Le navire déclenche l'émission de la séquence sur la fréquence choisie après avoir vérifié, autant que possible, qu'il n'y a pas d'appel en cours sur cette fréquence.

FIGURE 5

Procédures de composition applicables aux séquences d'appel et d'accusé de réception
(pour des appels autres que les appels de détresse et de sécurité)



(1) Normalement, on peut choisir automatiquement l'accusé de réception RQ comme signal de fin de séquence d'une séquence d'appel à une station individuelle.

(2) Le spécificateur de format et la catégorie sont transférés automatiquement à partir de l'appel reçu. On transfère automatiquement l'auto-identification de la séquence reçue dans la partie «adresse» de la séquence d'accusé de réception en choisissant un accusé de réception BQ.

(3) L'indication de fréquence est transférée automatiquement à partir de l'appel reçu.

(4) Cette procédure s'applique exclusivement aux stations côtières.

(5) Lorsqu'il est possible de donner suite et qu'il n'y pas de file d'attente, la télécommande est automatiquement transférée à partir de l'appel reçu.

2.2.5 Si la station côtière appelée ne répond pas, la séquence d'appel en provenance de la station de navire ne doit normalement pas être répétée avant un délai d'au moins 5 min dans le cas de communications manuelles, ou 5 ou 25 s dans le cas de communications semi-automatiques/automatiques en ondes métriques ou en ondes hectométriques/décamétriques respectivement. S'il y a lieu, ces répétitions peuvent être faites sur d'autres fréquences. Toute autre répétition ultérieure à destination de la même station côtière ne doit pas être faite avant qu'un délai d'au moins 15 min se soit écoulé.

2.2.6 La station côtière doit émettre une séquence d'accusé de réception (après avoir vérifié, dans la mesure du possible, qu'il n'y a pas d'appels en cours sur la fréquence choisie) dans un délai d'au moins 5 s et d'au plus 4 ½ min pour les communications manuelles ou de 3 s pour les communications semi-automatiques/automatiques. La séquence d'accusé de réception contient le spécificateur de format, l'adresse du navire, la catégorie, l'auto-identification de la station côtière et:

– si elle est en mesure de donner suite immédiatement à la demande sur la fréquence de travail proposée, la même information de télécommande et de fréquence que la demande d'appel;

– si aucune fréquence de travail n'est proposée par la station de navire, une proposition de voie/fréquence;

– si elle n'est pas en mesure de donner suite à la demande sur la fréquence de travail proposée mais peut le faire immédiatement sur une autre fréquence, la même information de télécommande que celle figurant sur la demande d'appel mais une autre fréquence de trafic;

– si elle n'est pas en mesure de donner suite immédiatement à la demande, le signal de télécommande 104 avec un second signal de télécommande donnant des informations complémentaires. Ce second signal de télécommande peut inclure des informations concernant le numéro de mise en attente uniquement dans le cas de communications manuelles.

Le signal de fin de séquence «BQ» doit être également inclus.

2.2.7 Pour les communications manuelles, si une fréquence de travail est proposée conformément au § 2.2.6, mais que la station de navire ne peut accepter cette fréquence, elle émet immédiatement un nouvel appel pour demander une autre fréquence.

2.2.8 Si un accusé de réception est reçu, l'émission de la séquence d'appel ne doit pas être poursuivie. Dès l'arrivée d'un accusé de réception indiquant que le navire est en mesure de donner suite à la demande, il est mis fin aux procédures ASN et la station côtière ainsi que la station de navire doivent communiquer sur les fréquences de travail convenues, sans autre échange d'appels ASN.

2.2.9 Si la station côtière émet un accusé de réception qui n'est pas reçu par la station de navire, cette dernière doit renouveler l'appel conformément au § 2.2.5.

2.3 Le navire déclenche l'appel à une station de navire

Les procédures navire-navire doivent être similaires à celles données au § 2.2 où la station de navire réceptrice se conforme aux procédures appropriées données pour les stations côtières sauf que, en ce qui concerne le § 2.2.1, le navire appelant doit toujours inclure l'information de la fréquence de travail dans le message faisant partie de la séquence d'appel.

Annexe 3

Procédures d'exploitation applicables aux liaisons établies par le système d'appel sélectif (ASN) dans les bandes d'ondes hectométriques, décamétriques et métriques à l'usage des navires

Introduction

Les procédures applicables aux communications ASN en ondes hectométriques et métriques sont décrites dans les § 1 à 5 ci-après.

Les procédures d'exploitation applicables aux communications ASN en ondes décamétriques sont, en général, les mêmes. Leurs particularités, à prendre en compte, sont décrites dans le § 6.

1 Détresse

1.1 Emission d'une alerte de détresse ASN

Une alerte de détresse est émise, si le commandant du navire juge que le navire ou une personne sont en situation de détresse et que cette situation nécessite une assistance immédiate.

Une alerte de détresse doit contenir, si possible, la dernière position connue du navire et son heure de relèvement (UTC). La position et l'heure peuvent être insérées automatiquement par l'équipement de navigation du navire ou manuellement.

Pour l'émission d'un appel de détresse en ASN, il y a lieu de procéder comme suit:

– syntoniser l'émetteur sur la voie de détresse ASN (2 187,5 kHz en ondes hectométriques, voie 70 en ondes métriques) (voir la Note 1).

  NOTE 1 – Certains émetteurs de radiotéléphonie maritime en ondes hectométriques doivent être accordés sur une fréquence inférieure de 1 700 Hz à celle de détresse, par exemple 2 185,8 kHz, pour émettre l'alerte de détresse ASN sur 2 187,5 kHz;

– si les délais le permettent, composer ou sélectionner sur le clavier de l'équipement d'ASN les informations suivantes:
  – la nature de la détresse,
  – la dernière position connue du navire (latitude et longitude),
  – l'heure UTC de relèvement de la position,
  – le type de communication de détresse subséquente (téléphonie),

  en se conformant aux instructions du fabricant de l'équipement ASN;

– émettre l'alerte de détresse ;

– syntoniser l'émetteur et le récepteur de radiotéléphonie, qui assurent le trafic de détresse subséquent, sur la fréquence ou la voie de trafic de détresse, dans la même bande de fréquences que l'appel, à savoir 2 182 kHz en ondes hectométriques, la voie 16 en ondes métriques et attendre l'accusé de réception de l'alerte de détresse ASN.

1.2 Mesures à prendre dès la réception d'une alerte de détresse

Les navires qui reçoivent une alerte de détresse ASN émise par un autre navire ne doivent pas accuser réception de l'alerte de détresse ASN car, normalement, seules les stations côtières émettent les accusés de réception d'alerte de détresse ASN (voir le § 3.3.4 de l'Annexe 1 et le § 6.1.4 de l'Annexe 3).

Si une station de navire continue à recevoir une alerte de détresse ASN sur une voie à ondes hectométriques ou métriques, elle doit émettre un accusé de réception ASN pour mettre fin à l'appel uniquement après avoir consulté un centre de coordination de sauvetage ou une station côtière et avoir été invitée à procéder ainsi.

Les navires, qui reçoivent une alerte de détresse ASN émise par un autre navire, doivent aussi différer leur accusé de réception de l'alerte de détresse par radiotéléphonie d'un court intervalle de temps, si le navire est dans la zone de couverture d'une ou plusieurs stations côtières, pour permettre aux stations côtières d'accuser réception en premier.

Les navires qui reçoivent une alerte de détresse ASN émise par un autre navire doivent:

– attendre la réception d'un accusé de réception de détresse sur la voie d'appel de détresse (2 187,5 kHz en ondes hectométriques et voie 70 en ondes métriques);
– syntoniser leur récepteur de radiotéléphonie, pour recevoir les communications de détresse subséquentes, sur la fréquence ou la voie de trafic de détresse, dans la même bande que celle de l'alerte, à savoir: 2 182 kHz en ondes hectométriques, voie 16 en ondes métriques;
– accuser réception de l'alerte de détresse par radiotéléphonie sur la fréquence de trafic de détresse, dans la même bande que celle de l'alerte, à savoir: 2 182 kHz en ondes hectométriques ou la voie 16 en ondes métriques; l'accusé de réception doit comporter les informations suivantes:
  – «MAYDAY»,
  – l'identité à 9 chiffres du navire en détresse, répété 3 fois,
  – «ici»,
  – l'identité à 9 chiffres du navire qui accuse réception ou son indicatif d'appel ou une autre identification, répété 3 fois,
  – «MAYDAY RECU».

1.3 Trafic de détresse

A la réception d'un accusé de réception de l'appel de détresse ASN, le navire en détresse doit commencer la communication en radiotéléphonie sur la fréquence de trafic de détresse (2 182 kHz en ondes hectométriques, voie 16 en ondes métriques) comme suit:

– «MAYDAY»,
– «ici»,
– l'identité à 9 chiffres *et* l'indicatif d'appel ou toute autre identification du navire,
– la position du navire en degrés de latitude et de longitude ou en fonction d'en emplacement géographique connu,
– la nature de la détresse et l'assistance demandée,
– toute autre information susceptible de faciliter le sauvetage.

1.4 Transmission d'un appel de relais de détresse ASN

En aucun cas un navire n'est autorisé à transmettre un appel de relais de détresse ASN à tous les navires après réception d'une alerte de détresse ASN sur une voie à ondes métriques ou hectométriques. Si aucune veille acoustique n'est assurée sur la voie concernée (2 182 kHz en ondes hectométriques et voie 16 en ondes métriques), la station côtière doit être contactée par l'envoi d'un appel de relais de détresse ASN individuel.

1.4.1 Transmission d'un appel de relais de détresse ASN pour le compte de quelqu'un d'autre

Un navire, sachant qu'un autre navire est en détresse, émettra un appel de relais de détresse si:

– le navire en détresse n'est pas en mesure de transmettre l'alerte de détresse,

– le commandant du navire estime que d'autres aides sont nécessaires.

Pour l'émission de l'appel de relais de détresse ASN, on procède comme suit:

– syntoniser l'émetteur sur la voie de détresse ASN (2 187,5 kHz en ondes hectométriques et voie 70 en ondes métriques);

– sélectionner le format relais de détresse sur l'équipement ASN;

– composer ou sélectionner sur le clavier de l'équipement:

  – l'appel à tous les navires (ondes métriques), l'appel aux navires se trouvant dans une zone géographique donnée (ondes hectométriques/décamétriques) ou les 9 chiffres d'identification de la station côtière concernée,

  – l'identité à 9 chiffres du navire en détresse, si elle est connue,

  – la nature de la détresse,

  – la dernière position du navire en détresse, si elle est connue,

  – l'heure UTC de relèvement de la position, si elle est connue,

  – le type de communication de détresse subséquente (téléphonie);

– émettre l'appel de relais de détresse ASN;

– se préparer au trafic de détresse subséquent en syntonisant l'émetteur et le récepteur de radiotéléphonie sur la voie de trafic de détresse, c'est-à-dire sur la fréquence 2 182 kHz en ondes hectométriques et sur la voie 16 en ondes métriques, tout en attendant l'accusé de réception de détresse ASN.

1.5 Accusé de réception de l'appel de relais de détresse par une station côtière

Normalement, les stations côtières peuvent, si nécessaire, après avoir reçu et accusé réception d'une alerte de détresse, retransmettre les informations de l'appel de relais de détresse et les adresser selon le cas à tous les navires (ondes métriques uniquement), à tous les navires évoluant dans une zone géographique donnée (ondes décamétriques/métriques uniquement) ou à un navire particulier.

Les navires qui reçoivent l'appel relais de détresse ne doivent pas utiliser l'ASN pour accuser réception de l'appel mais doivent accuser réception en radiotéléphonie sur la voie de trafic de détresse, dans la même bande que celle de l'appel, par exemple, 2 182 kHz en ondes hectométriques, voie 16 en ondes métriques.

L'accusé de réception de l'appel de relais de détresse, émis par radiotéléphonie sur la fréquence de trafic de détresse, dans la même bande que celle de l'appel de relais de détresse, doit comporter les informations suivantes:

– «RELAIS MAYDAY»,

– 9 chiffres d'identification ou l'indicatif d'appel ou une autre identification de la station côtière appelante,

– «ici»,

– 9 chiffres d'identification ou l'indicatif d'appel ou une autre identification du navire qui reçoit l'appel relais de détresse,

– «RELAIS MAYDAY RECU».

1.6 Accusé de réception de l'appel de relais de détresse par un autre navire

Les navires, qui reçoivent un appel de relais de détresse d'un autre navire, doivent appliquer la même procédure que pour l'accusé de réception de l'alerte de détresse, c'est-à-dire celle du § 1.2.

1.7 Annulation d'une alerte de détresse émise par inadvertance

Une station de navire qui émet une alerte de détresse par inadvertance doit annuler cette alerte en appliquant la procédure suivante:

1.7.1 Annuler immédiatement l'alerte de détresse oralement, en phonie, sur la voie de trafic de détresse associée à chaque voie ASN sur laquelle l'alerte de détresse a été émise.

1.7.2 Se mettre en écoute sur la voie de trafic de détresse, en phonie, associée à la voie ASN sur laquelle l'appel de détresse a été émis et répondre aux communications concernant cette alerte de détresse, le cas échéant.

2 Urgence

2.1 Transmission des messages d'urgence

La transmission de messages d'urgence se déroule en deux étapes:

– l'annonce d'un message d'urgence,

– la transmission du message.

L'annonce est faite par l'émission d'un appel d'urgence ASN sur la voie d'appel de détresse (2 187,5 kHz en ondes hectométriques, voie 70 en ondes métriques).

Le message d'urgence est émis sur la voie de trafic de détresse (2 182 kHz en ondes hectométriques, voie 16 en ondes métriques).

L'appel d'urgence peut être adressé à toutes les stations (ondes métriques), aux stations se trouvant dans une zone géographique donnée (ondes décamétriques/hectométriques) ou à une station particulière. La fréquence d'émission du message d'urgence doit être incluse dans l'appel d'urgence.

Pour l'émission d'un message d'urgence, il y a lieu de procéder comme suit:

Annonce:

– syntoniser l'émetteur sur la voie d'appel de détresse (2 187,5 kHz en ondes hectométriques, voie 70 en ondes métriques);

– choisir le format d'appel approprié sur l'équipement ASN (tous les navires (ondes métriques uniquement), une zone géographique (ondes décamétriques/hectométriques uniquement), une station particulière);

– composer ou sélectionner sur le clavier de l'équipement ASN:

  – la zone particulière ou l'identité à 9 chiffres de la station spécifiée, s'il y a lieu,

  – la catégorie de l'appel (urgent),

  – la fréquence ou la voie d'émission du message d'urgence,

  – le type de communication du message d'urgence (radiotéléphonie),

  conformément aux instructions du fabricant de l'équipement ASN;

– émettre l'appel d'urgence.

Transmission du message d'urgence:

– accorder l'émetteur sur la fréquence ou la voie indiquée dans l'appel;

– émettre le message d'urgence qui comprend:

  – «PAN PAN» répété 3 fois,

  – «TOUTES STATIONS» ou la station appelée, répété 3 fois,

  – «ici»,

  – l'identité à 9 chiffres *et* l'indicatif d'appel ou une autre identification propres au navire,

  – le texte du message d'urgence.

2.2 Réception d'un message d'urgence

Les navires, qui reçoivent un appel d'urgence annonçant un message d'urgence adressé à plusieurs stations, n'accusent pas réception de l'appel, mais syntonisent leur récepteur de radiotéléphonie sur la fréquence indiquée dans l'appel et écoutent le message d'urgence.

3 Sécurité

3.1 Transmission des messages de sécurité

La transmission de messages de sécurité s'effectue en deux étapes:

– l'annonce d'un message de sécurité,

– la transmission du message de sécurité.

L'annonce est faite par l'émission d'un appel de sécurité sur la voie d'appel de sécurité (2 187,5 kHz en ondes hectométriques, voie 70 en ondes métriques).

Normalement, le message de sécurité est émis sur la voie de trafic de détresse et de sécurité, dans la même bande que l'appel (2 182 kHz en ondes hectométriques, voie 16 en ondes métriques).

L'appel de sécurité peut être adressé à tous les navires (ondes métriques uniquement), aux navires évoluant dans une zone géographique donnée (ondes hectométriques/décamétriques uniquement) ou à une station particulière.

La fréquence d'émission du message de sécurité doit être indiquée dans l'appel de sécurité.

Un message de sécurité est émis comme suit:

Annonce:

– syntoniser l'émetteur sur la voie d'appel de détresse ASN (2 187,5 kHz en ondes hectométriques, voie 70 en ondes métriques);
– sélectionner le format d'appel approprié sur l'équipement ASN (tous les navires (ondes métriques uniquement), une zone géographique (ondes décamétriques/hectométriques uniquement), une station particulière);
– composer ou sélectionner sur le clavier de l'équipement ASN:
  – la zone spécifique ou l'identité à 9 chiffres de la station particulière selon le cas,
  – la catégorie de l'appel (sécurité),
  – la fréquence ou le numéro de la voie sur laquelle le message de sécurité sera émis,
  – le type de communication du message de sécurité (radiotéléphonie),

  conformément aux instructions du fabricant de l'équipement ASN;
– émettre l'appel de sécurité.

Transmission du message de sécurité:

– syntoniser l'émetteur sur la fréquence ou la voie indiquée dans l'appel;
– émettre le message de sécurité sous la forme suivante:
  – «SECURITE», répété 3 fois,
  – «A TOUTES LES STATIONS» ou la station appelée, répété 3 fois,
  – «ici»,
  – l'identité à 9 chiffres *et* l'indicatif d'appel ou une autre identification propres au navire,
  – le texte du message de sécurité.

3.2 Réception d'un message de sécurité

Les navires, qui reçoivent un appel de sécurité annonçant l'émission d'un message de sécurité adressé à plusieurs stations, n'accusent pas réception de l'appel, mais syntonisent leur récepteur de radiotéléphonie sur la fréquence indiquée dans l'appel et écoutent le message de sécurité.

4 Correspondance publique

4.1 Voies ASN pour la correspondance publique

4.1.1 Ondes métriques

La voie ASN 70 en ondes métriques peut être utilisée pour les communications de détresse ou de sécurité et pour les communications de correspondance publique.

4.1.2 Ondes hectométriques

Les voies ASN internationales et nationales utilisées pour la correspondance publique en ondes hectométriques sont différentes de la voie d'appel de détresse et de sécurité ASN à 2 187,5 kHz.

Les navires, qui appellent une station côtière en ondes hectométriques en ASN pour la correspondance publique, doivent utiliser, de préférence, la voie ASN nationale de la station côtière.

La voie ASN internationale réservée à la correspondance publique peut, en règle générale, être utilisée entre navires et stations côtières de nationalités différentes. Pour les navires, la fréquence d'émission est de 2 189,5 kHz et la fréquence de réception est de 2 177 kHz.

La fréquence 2 177 kHz sert aussi pour l'ASN entre navires concernant les communications générales.

4.2 Transmission d'un appel ASN pour la correspondance publique à destination d'une station côtière ou d'un navire

Un appel ASN de correspondance publique à destination d'une station côtière ou d'un navire est émis comme suit:

- syntoniser l'émetteur sur la voie ASN appropriée;
- sélectionner sur l'équipement ASN le format d'appel correspondant à la station destinataire;
- composer ou sélectionner sur le clavier de l'équipement ASN:
  - l'identité à 9 chiffres de la station appelée,
  - la catégorie d'appel (routine),
  - le type de communication subséquente (normalement la radiotéléphonie),
  - le numéro de la voie de trafic proposée si l'appel est destiné à un autre navire. Cette indication est omise s'il s'agit d'une station côtière car celle-ci indiquera dans son accusé de réception une voie de trafic libre,

  conformément aux instructions du fabricant de l'équipement ASN;
- émettre l'appel.

4.3 Répétition d'un appel

Un appel ASN de correspondance publique peut être répété sur la même voie ou sur une autre voie, si aucun accusé de réception n'est reçu dans les 5 min.

Les tentatives d'appel ultérieures doivent être différées de 15 min, au moins, lorsque aucun accusé de réception n'est toujours pas reçu.

4.4 Accusé de réception d'un appel et préparation à la réception du trafic

A la réception d'un appel ASN en provenance d'une station côtière ou d'un autre navire, un accusé de réception ASN est émis, comme suit:

- syntoniser l'émetteur sur la fréquence d'émission de la voie ASN sur laquelle l'appel a été reçu;
- sélectionner le format accusé de réception sur l'équipement ASN;
- émettre l'accusé de réception en indiquant si le navire est en mesure de communiquer dans les conditions proposées dans l'appel (type de communication et fréquence de trafic);
- dans l'affirmative, syntoniser l'émetteur et le récepteur de radiotéléphonie sur la voie de trafic et se préparer à recevoir le trafic.

4.5 Réception de l'accusé de réception et opérations ultérieures

A la réception de l'accusé de réception indiquant que la station appelée est prête à recevoir le trafic, se préparer à émettre le trafic comme suit:

– syntoniser l'émetteur et le récepteur sur la voie de trafic;

– commencer la communication sur la voie de trafic par:

  – l'identité à 9 chiffres ou l'indicatif d'appel ou une autre identification de la station appelée,

  – «ici»,

  – l'identité à 9 chiffres ou l'indicatif d'appel ou une autre identification du navire qui émet.

Normalement, si la station côtière a indiqué qu'elle n'est pas immédiatement prête à recevoir le trafic, le navire doit répéter l'appel, un peu plus tard.

Si le navire, en réponse à un appel à un autre navire, reçoit un accusé de réception l'avisant que celui-ci n'est pas immédiatement prêt à recevoir le trafic, il doit attendre que le navire appelé émette un appel au navire appelant, lui indiquant qu'il est prêt à recevoir le trafic.

5 Essai de l'équipement utilisé pour les appels de détresse et de sécurité

Dans la mesure du possible, pour les tests, il faut éviter l'emploi de la fréquence exclusivement réservée aux appels de détresse et de sécurité (2 187,5 kHz).

Les appels d'essai doivent être émis par le navire et recevoir un accusé de réception de la station appelée. Normalement, il n'y a pas de communication ultérieure entre les deux stations concernées.

Un appel d'essai en ondes métriques ou hectométriques à une station est émis comme suit:

– syntoniser l'émetteur sur la fréquence ASN d'appel de détresse et de sécurité (voie 70 et 2 187,5 kHz),

– composer ou sélectionner le format «appel d'essai» sur l'équipement ASN conformément aux instructions du fabricant de l'équipement ASN,

– composer l'identité à 9 chiffres de la station appelée,

– émettre l'appel après avoir vérifié, dans la mesure du possible, qu'aucun appel n'est en cours sur cette fréquence,

– attendre l'accusé de réception.

6 Conditions spéciales et procédures spéciales applicables aux communications ASN en ondes décamétriques

Généralités

Les procédures applicables aux communications ASN en ondes décamétriques sont, à quelques points supplémentaires près, décrites dans les § 6.1 à 6.3, les mêmes qu'en ondes hectométriques et métriques.

Les particularités, décrites dans les § 6.1 à 6.3, sont à prendre en compte pour les communications ASN en ondes décamétriques.

6.1 Détresse

6.1.1 Emissions d'une alerte de détresse

L'alerte de détresse doit être adressée aux stations côtières – par exemple dans les zones maritimes A3 et A4 en ondes décamétriques – et en ondes hectométriques ou métriques aux navires naviguant à proximité.

L'alerte de détresse doit comporter, si possible, la dernière position connue du navire et son heure UTC de relèvement. Lorsque ces informations ne sont pas insérées automatiquement par l'équipement de navigation du navire, il faut les insérer manuellement.

Alerte de détresse navire-côtière

Choix de la bande HF

Le choix de la bande de fréquences d'émission de l'alerte de détresse ASN doit tenir compte de la saison et de l'heure en raison des caractéristiques de la propagation des ondes décamétriques.

En règle générale, la voie de détresse ASN dans la bande maritime des 8 MHz (8 414,5 kHz) est souvent celle qui convient le mieux en premier choix.

L'émission de l'alerte de détresse ASN dans plusieurs bandes d'ondes décamétriques augmente normalement la probabilité de réception de l'alerte par les stations côtières.

L'alerte de détresse peut être émise dans plusieurs bandes d'ondes décamétriques de deux manières différentes:

a) soit en émettant dans une seule bande d'ondes décamétriques et en attendant quelques minutes l'accusé de réception d'une station côtière;

   en cas de non-réception d'accusé de réception dans un délai de 3 min, l'alerte ASN est répétée sur une autre bande d'ondes décamétriques;

b) soit en émettant l'alerte de détresse successivement dans plusieurs bandes d'ondes décamétriques avec ou sans de très courts intervalles entre les appels, sans attendre d'accusé de réception entre les appels successifs.

La solution a) est recommandée dans tous les cas, si on dispose d'un temps suffisant; car elle facilite le choix de la bande d'ondes décamétriques, dans laquelle les communications subséquentes avec la station côtière pourront commencer sur la voie de trafic de détresse correspondante.

La procédure d'émission de l'alerte de détresse ASN est la suivante (voir la Note 1):

– syntoniser l'émetteur sur la voie de détresse ASN choisie (4 207,5; 6 312; 8 414,5; 12 577; 16 804,5 kHz) (voir la Note 2);

– se conformer aux instructions du § 1.1 pour composer ou sélectionner sur le clavier de l'équipement ASN les informations à émettre;

– émettre l'alerte de détresse.

NOTE 1 – L'alerte de détresse navire-navire est normalement émise en ondes hectométriques et/ou métriques conformément aux procédures d'émission d'alerte de détresse ASN du § 1.1.

NOTE 2 – Certains émetteurs en ondes décamétriques doivent être syntonisés sur une fréquence inférieure de 1 700 Hz à celles des fréquences ASN indiquées dans le Tableau pour émettre l'alerte de détresse ASN sur la fréquence correcte.

Dans des cas particuliers, par exemple dans les zones tropicales, l'émission d'une alerte de détresse ASN en ondes décamétriques peut, en plus de l'alerte navire-côtière, être utilisée pour l'alerte navire-navire.

6.1.2 Préparation au trafic de détresse subséquent

La préparation au trafic de détresse subséquent, après avoir émis l'alerte de détresse sur la voie appropriée (ondes décamétriques, hectométriques ou métriques), consiste à syntoniser le ou les équipement(s) concerné(s) sur la voie ou les voies de trafic de détresse correspondantes.

Lorsque des tentatives d'appel sont émises sur plusieurs fréquences, la fréquence à utiliser pour le trafic de détresse doit être 8 291 kHz.

Si la méthode décrite au b) du § 6.1.1 a été utilisée pour émettre l'alerte de détresse ASN sur plusieurs bandes d'ondes décamétriques:

– tenir compte des bandes d'ondes décamétriques dans lesquelles un accusé de réception en provenance d'une station côtière a bien été reçu;

– si des accusés de réception ont été reçus sur plusieurs bandes d'ondes décamétriques, commencer à émettre le trafic de détresse dans une de ces bandes, mais s'il n'y a pas de réponse de la station côtière, utiliser les autres bandes de fréquences successivement.

Les fréquences de trafic de détresse sont (voir le Tableau 15-1 de l'Appendice 15 du RR):

Ondes décamétriques (kHz):

Téléphonie	4 125	6 215	8 291	12 290	16 420
Télex	4 177,5	6 268	8 376,5	12 520	16 695

Ondes hectométriques (kHz):

Téléphonie	2 182
Télex	2 174,5

Ondes métriques: Voie 16 (156,800 MHz).

6.1.3 Trafic de détresse

Les procédures décrites au § 1.3 s'appliquant au trafic de détresse en ondes hectométriques/-décamétriques s'effectuent par *radiotéléphonie*.

Dans le cas où le trafic de détresse en ondes hectométriques/décamétriques s'effectue par *radiotélex*, la procédure est la suivante:

– le mode correction d'erreur directe (CED) est utilisé;

– tous les messages commencent par:
  – au moins un retour chariot,
  – ligne suivante,
  – inversion de lettre,
  – le signal de détresse MAYDAY;

– le navire en détresse doit commencer à émettre le trafic de détresse télex dans la voie de trafic télex appropriée comme suit:

  – retour chariot, ligne suivante, inversion de lettre,
  – signal de détresse «MAYDAY»,
  – «ici»,
  – l'identité à 9 chiffres et l'indicatif d'appel ou une autre identification propres au navire,
  – la position du navire si elle n'est pas incluse dans l'alerte de détresse ASN,
  – la nature de la détresse,
  – toute autre information utile pouvant faciliter le sauvetage.

6.1.4 Actions à la réception d'une alerte de détresse ASN en ondes décamétriques provenant d'un autre navire

Les navires, recevant une alerte de détresse ASN en ondes décamétriques provenant d'un autre navire, ne doivent *pas* accuser réception de l'alerte, mais doivent:

– attendre l'émission par une station côtière d'un accusé de réception de détresse ASN;

– dans l'attente de cet accusé de réception de détresse ASN d'une station côtière:

  se préparer à la réception d'une communication subséquente de détresse en syntonisant l'équipement de radiocommunication en ondes décamétriques (émetteur et récepteur) sur la voie de trafic de détresse concernée dans la bande d'ondes décamétriques dans laquelle l'alerte de détresse ASN a été reçue, en observant les conditions ci-après:

  – si le mode radiotéléphonie est indiqué dans l'alerte de détresse ASN, l'équipement de radiocommunication en ondes décamétriques doit être syntonisé sur la voie de trafic de détresse en radiotéléphonie dans la bande d'ondes décamétriques concernée;

  – si le mode télex est indiqué dans l'alerte de détresse ASN, l'équipement de radiocommunication en ondes décamétriques doit être syntonisé sur la voie de trafic de détresse radiotélex dans la bande d'ondes décamétriques concernée. Les navires, qui le peuvent, doivent aussi écouter la voie de détresse correspondante en radiotéléphonie;

  – si l'alerte de détresse ASN a été reçue sur plusieurs bandes d'ondes décamétriques, l'équipement de radiocommunication sera syntonisé sur la voie de trafic de détresse dans la bande d'ondes décamétriques offrant la meilleure communication. Si l'alerte de détresse ASN a été reçue dans la bande des 8 MHz, cette bande est souvent la meilleure en premier choix;

  – si aucun trafic de détresse n'est reçu sur la voie en ondes décamétriques pendant 1 à 2 min, syntoniser l'équipement de radiocommunication HF sur la voie de trafic de détresse d'une autre bande d'ondes décamétriques jugée plus appropriée dans les conditions actuelles;

  – si aucun accusé de réception de détresse ASN n'est reçu pendant 5 min en provenance d'une station côtière et si l'on n'observe pas de communication de détresse en cours entre une station côtière et le navire en détresse:

    – informer un Centre de coordination du sauvetage (CCS) par les moyens de radiocommunication appropriés,
    – émettre un appel de relais de détresse ASN.

6.1.5 Emission d'un appel de relais de détresse ASN

Dans le cas où il semble utile de lancer un appel de relais de détresse ASN, il faut:

– savoir que les appels de relais de détresse en ondes décamétriques doivent être lancés manuellement;

– syntoniser le ou les émetteurs sur cette voie de détresse ASN concernée et suivre les procédures décrites au § 6.1.1 (sauf si l'appel est envoyé manuellement sous la forme d'un appel unique sur une fréquence unique);

– suivre les instructions pour la composition ou la sélection du format d'appel et des informations du clavier de l'équipement ASN décrites au § 1.4;

– émettre l'appel de relais de détresse ASN.

6.1.6 Accusé de réception d'un appel de relais de détresse émis par une station côtière

Les navires recevant un appel de relais de détresse ASN émis en ondes décamétriques par une station côtière et adressée à tous les navires, dans une zone spécifiée, ne doivent pas accuser réception de l'alerte relais de détresse, par ASN mais par *radiotéléphonie* sur la voie de trafic téléphonique de détresse de la ou des mêmes bandes que celles dans lesquelles l'appel de relais de détresse a été émis.

6.2 Urgence

Les messages d'urgence en ondes décamétriques sont normalement adressés:

– soit à tous les navires dans une zone spécifiée,

– soit à une station côtière particulière.

L'annonce d'un message d'urgence s'effectue par émission d'un appel ASN avec la catégorie d'urgence sur la voie de détresse appropriée.

Le message d'urgence est transmis en ondes décamétriques par radiotéléphonie ou radiotélex sur la voie de trafic de détresse appropriée dans la même bande que celle dans laquelle il a été annoncé.

6.2.1 Emission de l'annonce ASN d'un message d'urgence en ondes décamétriques

– Choisir la meilleure bande d'ondes décamétriques en tenant compte des caractéristiques de la propagation des ondes, fonction de la saison et de l'heure; la bande des 8 MHz est souvent la meilleure en premier choix;

– syntoniser l'émetteur sur la voie de détresse ASN de la bande choisie;

– composer ou sélectionner le format d'appel pour un appel de zone ou un appel individuel sur l'équipement ASN;

– dans le cas de l'appel de zone, spécifier au clavier l'identification de la zone;

– suivre les instructions de composition ou de sélection des informations sur le clavier de l'équipement ASN décrites au § 2.1, y compris le type de communication utilisé pour transmettre le message d'urgence (radiotéléphonie ou radiotélex);

– émettre l'appel ASN;

– si l'appel ASN s'adresse à une station côtière particulière, attendre son accusé de réception ASN. Sans réponse pendant quelques minutes, répéter l'appel ASN sur une autre voie en ondes décamétriques jugée appropriée.

6.2.2 Emission d'un message d'urgence et opérations subséquentes

– Syntoniser l'émetteur en ondes décamétriques sur la voie de trafic de détresse (radiotéléphonie ou radiotélex) de détresse indiquée dans l'annonce ASN;

– si le mode de transmission du message est la *radiotéléphonie*, suivre la procédure du § 2.1;

– si la transmission est faite par *radiotélex*, la procédure est la suivante:
  – utiliser le mode correction d'erreur directe (CED) à moins que le message s'adresse à une station dont le numéro d'identité radiotélex est connu;
  – débuter le message télex par:
    – au moins un retour chariot, ligne suivante, inversion lettre,
    – le signal d'urgence «PAN PAN»,
    – «ici»,
    – l'identité à 9 chiffres et l'indicatif d'appel ou une autre identification propres au navire,
    – le texte du message d'urgence.

L'annonce et la transmission des messages d'urgence adressés à tous les navires d'une zone spécifiée et dotés d'équipements à ondes décamétriques peuvent être répétées dans plusieurs bandes d'ondes décamétriques adaptées à la situation.

6.3 Sécurité

Les procédures pour l'émission d'une annonce de sécurité ASN et d'un message de sécurité sont les mêmes que celles des messages d'urgence, décrites au § 6.2, à ceci près que:

– dans l'annonce, la catégorie est «SECURITE»;

– dans le message de sécurité, le signal de sécurité «SECURITE» est utilisé à la place du signal d'urgence «PAN PAN».

Annexe 4

Procédures d'exploitation applicables aux communications ASN en ondes hectométriques, décamétriques et métriques à l'usage des stations côtières

Introduction

Les procédures applicables aux communications ASN en ondes hectométriques et métriques sont décrites dans les § 1 à 5.

Les procédures applicables aux communications ASN en ondes décamétriques sont, en général, les mêmes. Leurs particularités, à prendre en compte en ondes décamétriques, sont décrites au § 6.

1 Détresse (voir la Note 1)

1.1 Réception d'une alerte de détresse par ASN

L'émission d'une alerte de détresse signifie qu'une unité mobile (navire, aéronef, ou un autre véhicule) ou qu'une personne est en détresse et a besoin d'une assistance immédiate. L'alerte de détresse est un appel sélectif numérique avec le format d'appel «détresse».

Les stations côtières, qui reçoivent une alerte de détresse, doivent l'acheminer, dès que possible, vers un CCS. L'alerte de détresse doit faire l'objet, dès que possible, d'un accusé de réception par la station côtière concernée.

NOTE 1 – Les procédures supposent que le CCS soit distinct de la station côtière; dans le cas contraire, des dispositions locales doivent être prises pour l'acheminement de l'appel.

1.2 Accusé de réception d'une alerte de détresse ASN

Les stations côtières doivent émettre leur accusé de réception sur la fréquence d'appel de détresse sur laquelle l'appel a été reçu et l'adresser à tous les navires. L'accusé de réception doit comprendre l'identification du navire en détresse concerné.

L'accusé de réception d'une alerte de détresse ASN est émis comme suit:

– syntoniser l'émetteur sur la fréquence à laquelle l'alerte de détresse a été reçue;
– composer ou sélectionner sur le clavier de l'équipement ASN, suivant les instructions du fabricant (voir la Note 1):
  – «accusé de réception d'une alerte de détresse»,
  – identité à 9 chiffres du navire en détresse,
  – nature de la détresse,
  – position du navire en détresse,
  – heure UTC du dernier relèvement.

  NOTE 1 – Certaines de ces informations peuvent être insérées automatiquement par l'équipement;
– émettre l'accusé de réception;
– se préparer au traitement du trafic de détresse subséquent en se positionnant en veille radiotéléphonique et, si le signal «mode de communication subséquente» indiqué dans l'alerte de détresse reçu précise: «téléimprimeur», en se positionnant aussi sur le mode IDBE, si la station côtière est équipée d'IDBE. Dans les deux cas, les fréquences de radiotéléphonie et d'IDBE sont les fréquences associées à la fréquence à laquelle l'alerte de détresse a été reçue (en ondes hectométriques 2 182 kHz pour la radiotéléphonie et 2 174,5 kHz pour l'IDBE, en ondes métriques 156,8 MHz/voie 16 pour la radiotéléphonie, il n'y a pas de fréquence pour l'IDBE en ondes métriques).

1.3 Transmission d'un appel de relais de détresse ASN

Un appel de relais de détresse est déclenché et émis par les stations côtières dans les cas suivants:

– lorsque la détresse du mobile a été signalée à la station côtière par un autre moyen et que le CCS veut diffuser l'alerte aux navires;
– lorsque le responsable de la station côtière estime qu'une aide supplémentaire sera nécessaire (une étroite coopération avec le CCS est recommandée dans ce cas).

Dans les deux cas, la station côtière émet un appel de relais de détresse terre-navire adressé selon le cas à tous les navires (ondes métriques uniquement), aux navires se trouvant dans une zone géographique donnée (ondes hectométriques/décamétriques uniquement) ou à un navire particulier.

L'appel de relais de détresse doit contenir l'identification du mobile en détresse, sa position et toute autre information utile au sauvetage.

L'appel de relais de détresse est émis comme suit:

– syntoniser l'émetteur sur la fréquence de l'alerte de détresse ASN (2 187,5 kHz en ondes hectométriques; 156,525 MHz/voie 70 en ondes métriques);
– composer ou sélectionner sur le clavier de l'équipement ASN, suivant les instructions du fabricant (voir la Note 1 du § 1.2 de cette Annexe):
  – «appel de relais de détresse»,
  – le spécificateur de format (tous les navires (ondes métriques uniquement), une zone géographique (ondes hectométriques/décamétriques uniquement) ou un navire particulier),
  – au besoin, l'adresse du navire, ou la zone géographique,
  – identité à 9 chiffres du navire en détresse, s'ils sont connus,
  – nature de la détresse,
  – position du navire,
  – heure UTC de relèvement de la position, si elle est connue;
– émettre l'appel de relais de détresse;
– se préparer à recevoir les accusés de réception des navires et à traiter le trafic de détresse subséquent en se positionnant sur la voie de trafic de détresse dans la même bande (2 182 kHz en ondes hectométriques, 156,8 MHz ou voie 16 en ondes métriques).

1.4 Réception d'un appel de relais de détresse ASN

Les stations côtières, qui reçoivent un appel de relais de détresse d'un navire, doivent faire en sorte qu'il soit acheminé, dès que possible, vers un centre CCS. La réception d'un appel relais de détresse doit faire l'objet d'un accusé de réception, dès que possible, par la station côtière concernée, par émission d'un accusé de réception de relais de détresse ASN adressé au navire. Normalement, si d'autres stations côtières reçoivent l'appel de relais de détresse d'une station côtière, elles ne doivent pas intervenir.

2 Urgence

2.1 Transmission d'une annonce ASN

L'annonce d'un message d'urgence est faite en ASN avec le format «appel d'urgence» sur une ou plusieurs fréquences d'appel de détresse et de sécurité.

L'appel d'urgence peut être adressé à tous les navires (ondes métriques uniquement), aux navires se trouvant dans une zone géographique donnée (ondes hectométriques/décamétriques uniquement) ou à un navire particulier. La fréquence d'émission du message d'urgence doit être incluse dans l'appel d'urgence.

Un appel d'urgence est émis comme suit:

- syntoniser l'émetteur sur la fréquence d'appel de détresse ASN (2 187,5 kHz en ondes hectométriques, 156,525 MHz/voie 70 en ondes métriques);
- composer ou sélectionner sur le clavier de l'équipement ASN, suivant les instructions du fabricant (voir la Note 1 du § 1.2 de cette Annexe):
  - le spécificateur de format (tous les navires (ondes métriques uniquement), une zone géographique (ondes hectométriques/décamétriques uniquement) ou un navire particulier),
  - au besoin, l'adresse du navire ou la zone géographique,
  - la catégorie de l'appel (urgence),
  - la fréquence ou la voie d'émission du message d'urgence,
  - le type de communication du message d'urgence (radiotéléphonie);
- émettre l'appel ASN d'urgence.

Après l'annonce ASN, le message d'urgence est émis sur la fréquence indiquée dans l'appel ASN.

3 Sécurité

3.1 Transmission d'une annonce ASN

L'annonce d'un message de sécurité est faite en ASN avec le format «appel de sécurité» sur une ou plusieurs fréquences d'appel de détresse et de sécurité.

L'appel de sécurité peut être adressé à tous les navires (ondes métriques uniquement), aux navires se trouvant dans une zone géographique donnée (ondes hectométriques/décamétriques uniquement) ou à un navire particulier. La fréquence d'émission du message de sécurité doit être incluse dans l'appel de sécurité.

Un appel de sécurité est émis comme suit:

- syntoniser l'émetteur sur la fréquence d'alerte de détresse ASN (2 187,5 kHz en ondes hectométriques, 156,525 MHz/voie 70 en ondes métriques);
- composer ou sélectionner sur le clavier de l'équipement ASN, suivant les instructions du fabricant (voir la Note 1 du § 1.2 de cette Annexe):
  - le spécificateur de format (tous les navires (ondes métriques uniquement), une zone géographique (ondes hectométriques/décamétriques uniquement) ou un navire particulier),
  - au besoin, l'adresse du navire ou la zone géographique,
  - la catégorie de l'appel (sécurité),
  - la fréquence ou la voie sur laquelle le message de sécurité sera émis,
  - le type de communication du message de sécurité (radiotéléphonie);
- émettre le message d'appel ASN de sécurité.

Après l'annonce ASN, le message de sécurité est émis sur la fréquence indiquée dans l'appel ASN.

4 Correspondance publique

4.1 Fréquences/voies ASN réservées à la correspondance publique

4.1.1 Ondes métriques

La fréquence 156,525 MHz/voie 70, utilisée pour les communications ASN de détresse et de sécurité, peut l'être aussi pour les appels de correspondance publique.

4.1.2 Ondes hectométriques

Les fréquences internationales et nationales de correspondance publique sont différentes de celles des communications de détresse et de sécurité.

Les stations côtières qui appellent en ASN des navires doivent utiliser, dans l'ordre de préférence:

– une voie nationale sur laquelle la station côtière assure une veille permanente;

– la voie d'appel internationale ASN, la station côtière émettant à 2 177 kHz et recevant sur 2 189,5 kHz. Afin de diminuer les brouillages sur cette voie, cette règle peut être étendue à toutes les stations côtières qui appellent des navires d'une autre nationalité, ou qui ne connaissent pas les fréquences ASN de veille permanente du navire.

4.2 Transmission d'un appel ASN à un navire

Un appel ASN à un navire est émis comme suit:

– syntoniser l'émetteur sur la fréquence d'appel appropriée;

– composer ou sélectionner sur le clavier de l'équipement ASN, suivant les instructions du fabricant (voir la Note 1 du § 1.2 de cette Annexe):
  – l'identité à 9 chiffres du navire appelé,
  – la catégorie d'appel de routine,
  – le type de communication subséquente (radiotéléphonie),
  – la fréquence de trafic;

– après avoir vérifié qu'il n'y a pas d'appel en cours, émettre l'appel ASN.

4.3 Répétition d'un appel

Un appel de correspondance publique peut être répété deux fois sur la même fréquence avec un intervalle d'au moins 45 s, si aucun accusé de réception n'est reçu entre-temps.

Lorsque la station appelée n'accuse pas réception après la deuxième émission, l'appel pourra être répété après une période de 30 min au moins sur la même fréquence ou 5 min sur une autre fréquence d'appel.

4.4 Préparation à l'échange de trafic

A la réception d'un accusé de réception indiquant que la station de navire appelée peut utiliser la fréquence de trafic proposée, la station côtière passe en veille sur la fréquence ou la voie de trafic et se prépare à recevoir le trafic.

4.5 Accusé de réception d'un appel ASN

Normalement, l'accusé de réception est transmis sur la fréquence appariée à celle de l'appel reçu. Si le même appel est reçu sur plusieurs voies d'appel, l'accusé de réception est émis sur la fréquence la plus favorable à la transmission.

L'accusé de réception d'un appel ASN est émis comme suit:

– syntoniser l'émetteur sur la fréquence appropriée;
– composer ou sélectionner sur le clavier de l'équipement d'ASN, suivant les instructions du fabricant (voir la Note 1 du § 1.2 de cette Annexe):
  – le spécificateur de format (station particulière),
  – l'identité à 9 chiffres du navire appelant,
  – la catégorie d'appel de routine,
  – la même fréquence de trafic que celle proposée dans l'appel reçu, si la station est en mesure de donner suite immédiatement sur cette fréquence,
  – une proposition de fréquence/voie de trafic, si aucune fréquence de trafic n'a été proposée par la station de navire appelante,
  – une autre proposition de fréquence de trafic, si celle qui est proposée ne convient pas et si la station est en mesure de donner suite immédiatement sur cette autre fréquence,
  – l'information appropriée si la station n'est pas en mesure de donner suite immédiatement;
– émettre l'accusé de réception (après avoir vérifié qu'il n'y a pas d'appel en cours) après un délai d'au moins 5 s et d'au plus 4½ min.

Après avoir transmis son accusé de réception, la station côtière passe en veille sur la fréquence ou la voie de trafic et se prépare à recevoir le trafic.

5 Essai de l'équipement utilisé pour les appels de détresse et de sécurité

Pour les appels d'essai en ondes métriques, hectométriques ou décamétriques, on procédera conformément au Tableau 4.7 de la Recommandation UIT-R M.493.

Accusé de réception d'un appel d'essai ASN

La station côtière doit accuser réception des appels d'essai.

6 Conditions spéciales et procédures spéciales applicables aux communications ASN en ondes décamétriques

Généralités

Les procédures applicables aux communications ASN en ondes décamétriques sont, à quelques points supplémentaires près, décrites dans les § 6.1 à 6.3, les mêmes qu'en ondes hectométriques et métriques.

Les particularités, décrites dans les § 6.1 à 6.3, sont à prendre en compte pour les communications ASN en ondes décamétriques.

6.1 Détresse

6.1.1 Réception et accusé de réception d'une alerte de détresse ASN en ondes décamétriques

Les navires peuvent, dans certains cas, émettre l'alerte de détresse ASN dans plusieurs bandes d'ondes décamétriques avec de courts intervalles entre les appels.

La station côtière émet des accusés de réception ASN sur toutes voies de détresse sur lesquelles l'alerte de détresse a été reçue, pour s'assurer, dans la mesure du possible, que le navire en détresse et tous les navires qui ont reçu l'alerte de détresse recevront bien ces accusés de réception.

6.1.2 Trafic de détresse

En règle générale, le trafic de détresse s'établit dans la voie de trafic de détresse appropriée (radiotéléphonie ou IDBE), dans la même bande dans laquelle l'alerte de détresse ASN a été reçue.

Dans le cas de l'IDBE, les règles suivantes sont à respecter:

– tous les messages commencent par au moins un retour chariot, ligne suivante, une inversion de lettre, le signal de détresse MAYDAY;

– le mode CED est utilisé.

6.1.3 Emission d'un appel de relais de détresse ASN en ondes décamétriques

Le choix de la ou des bandes de fréquences d'émission d'un appel de relais de détresse ASN en ondes décamétriques devra s'opérer en tenant compte des caractéristiques de la propagation.

Les navires, respectant la Convention de l'OMI et disposant d'un équipement ASN en ondes décamétriques pour la détresse et la sécurité, doivent assurer une veille permanente sur la voie de détresse dans la bande des 8 MHz et au moins une autre voie de détresse ASN en ondes décamétriques.

Pour éviter les ambiguïtés à bord des navires sur la bande utilisée pour l'établissement subséquent du contact et pour le trafic de détresse, l'appel de relais de détresse ASN en ondes décamétriques est émis sur une bande d'ondes décamétriques à la fois et les communications subséquentes avec les navires ayant répondu sont établies avant qu'éventuellement l'appel de relais de détresse soit répété dans une autre bande d'ondes décamétriques.

6.2 Urgence

6.2.1 Emission de l'annonce et du message d'urgence en ondes décamétriques

Dans le cas de messages d'urgence en IDBE, il faut respecter les règles suivantes:

– tous les messages urgents commencent par au moins un retour chariot, ligne suivante, une inversion de lettre, le signal d'urgence PAN PAN et l'identification de la station côtière;

– normalement le mode CED est utilisé.

  Le mode ARQ n'est utilisé que si la situation l'exige et si le numéro de radiotélex du navire est connu.

6.3 Sécurité

6.3.1 Emission de l'annonce et du message de sécurité en ondes décamétriques

Dans le cas de messages de sécurité en IDBE, il faut respecter les règles suivantes:

– tous les messages de sécurité commencent par au moins un retour chariot, ligne suivante, une inversion de lettre, le signal d'urgence PAN PAN et l'identification de la station côtière;

– normalement le mode CED est utilisé.

Le mode ARQ n'est utilisé que si la situation l'exige et si le numéro de radiotélex du navire est connu.

Annexe 5

Fréquences utilisées pour l'ASN

1 Les fréquences utilisées pour les ASN de détresse, d'urgence et de sécurité sont les suivantes (voir également l'Appendice 15 du RR):

2 187,5	kHz
4 207,5	kHz
6 312	kHz
8 414,5	kHz
12 577	kHz
16 804,5	kHz
156,525	MHz (Note 1)

NOTE 1 – Outre son emploi à des fins relatives à la détresse, à l'urgence et à la sécurité, la fréquence 156,525 MHz peut être également utilisée pour d'autre cas d'ASN.

2 Les fréquences qui peuvent être assignées, sur une base internationale, aux stations de navire et aux stations côtières pour l'ASN pour des cas autres que la détresse, l'urgence et la sécurité sont les suivantes (voir la Note 2):

2.1 Stations de navire (voir la Note 2)

458,5			kHz
2 177 (Note 3)	2 189,5		kHz
4 208	4 208,5	4 209	kHz
6 312,5	6 313	6 313,5	kHz
8 415	8 415,5	8 416	kHz
12 577,5	12 578	12 578,5	kHz
16 805	16 805,5	16 806	kHz
18 898,5	18 899	18 899,5	kHz
22 374,5	22 375	22 375,5	kHz
25 208,5	25 209	25 209,5	kHz
		156,525	MHz

2.2 Stations côtières (voir la Note 2)

455,5			kHz
2 177			kHz
4 219,5	4 220	4 220,5	kHz
6 331	6 331,5	6 332	kHz
8 436,5	8 437	8 437,5	kHz
12 657	12 657,5	12 658	kHz
16 903	16 903,5	16 904	kHz
19 703,5	19 704	19 704,5	kHz
22 444	22 444,5	22 445	kHz
26 121	26 121,5	26 122	kHz
		156,525	MHz

NOTE 2 – Les fréquences appariées suivantes (kHz) (pour les stations de navire et les stations côtières) 4 208/4 219,5, 6 312,5/6 331, 8 415/8 436,5, 12 577,5/12 657, 16 805/16 903, 18 898,5/19 703,5, 22 374,5/22 444 et 25 208,5/26 121 constituent le premier choix de fréquences internationales pour l'ASN (voir les notes j) et l) dans la Partie A de l'Appendice 17 du RR).

NOTE 3 – La fréquence 2 177 kHz peut être utilisée uniquement par les stations de navire pour les appels entre navires.

3 En plus des fréquences indiquées au § 2, des fréquences de travail appropriées des bandes suivantes peuvent être utilisées pour l'ASN (voir l'Article 5 du Chapitre II du RR):

415-526,5	kHz	(Régions 1 et 3)
415-525	kHz	(Région 2)
1 606,5-3 400	kHz	(Régions 1 et 3)
1 605-3 400	kHz	(Région 2) (Pour la bande 1 605-1 625 kHz, voir le numéro 5.89 du RR)
4 000-27 500	kHz	
156-174	MHz	

RECOMMANDATION UIT-R M.585-6*

Assignations et utilisation des identités dans le service mobile maritime

(1982-1986-1990-2003-2007-2009-2012)

Domaine de compétence

La présente Recommandation donne aux administrations des directives concernant l'assignation et la sauvegarde des ressources que constituent les identités pour le service mobile maritime. Elle décrit les limites qui restreignent l'assignation aux navires qui utilisent les services par satellite du système mondial de détresse et de sécurité en mer (SMDSM, *global maritime distress and safety system*)

L'Annexe 1 décrit les formats d'identité dans le service mobile maritime (MMSI, *maritime mobile service identity*) pour les stations de navires, les stations côtières et les aéronefs participant aux opérations de recherche et de sauvetage et d'autres communications liées à la sécurité, ainsi que les stations d'aide à la navigation du système d'identification automatique (AIS, *automatic identification system*) et les engins associés à un navire de base.

L'Annexe 2 décrit les formats permettant d'identifier d'autres dispositifs maritimes, tels que les émetteurs-récepteurs portatifs en ondes métriques équipés d'un système d'appel sélectif numérique (ASN) et d'un système mondial de navigation par satellite (GNSS, *global navigation satellite system*), les émetteurs de recherche et de sauvetage AIS (stations AIS-SART, *AIS-search and rescue transmitter*), les dispositifs signalant la présence de personnes à la mer (MOB, *man overboard*) et les radiobalises de localisation des sinistres (RLS)-AIS.

L'Annexe 3 donne aux administrations des directives précises concernant l'assignation, la gestion et la sauvegarde de ressources que sont les identités dans le service mobile maritime. Elle préconise également des méthodes que les administrations peuvent employer pour la réutilisation des numéros MMSI, en particulier de ceux qui se terminent par trois zéros.

L'Assemblée des radiocommunications de l'UIT,

considérant

a) qu'il est nécessaire de disposer d'identités structurées pour des raisons de sécurité et pour les besoins des télécommunications dans le service mobile maritime;

b) que l'identificateur dans le service mobile maritime est fondé sur une structure à neuf chiffres;

c) que l'identité MMSI constitue un type d'identificateur à neuf chiffres;

d) que les identités désignées pour les dispositifs destinés à des usages particuliers constituent un autre type d'identificateur à neuf chiffres;

e) que l'identité unique assignée aux stations indiquées dans l'Annexe 1 de la présente Recommandation doit être l'identité MMSI;

f) que les identités utilisées pour d'autres dispositifs maritimes destinés à des usages particuliers, qui sont indiquées dans l'Annexe 2 de la présente Recommandation, ne sont pas nécessairement uniques et ne sont pas des assignations d'identités MMSI;

---

* Cette Recommandation devrait être portée à l'attention de l'Association internationale de signalisation maritime (AISM), de l'Organisation de l'aviation civile internationale (OACI), de l'Organisation hydrographique internationale (OHI), de l'Organisation maritime internationale (OMI) et du Comité international radiomaritime (CIRM).

g) que toutes les identités MMSI doivent pouvoir être utilisées dans des systèmes de radiocommunication automatiques;

h) que les identités assignées aux stations de navire, aux stations côtières, aux aéronefs participant aux opérations de recherche et de sauvetage et à d'autres communications liées à la sécurité, aux stations d'aide à la navigation ainsi qu'aux engins associés à un navire de base, et utilisées pour les appels de groupe, devraient être de nature similaire;

i) qu'il est possible d'utiliser l'identité MMSI pour établir une communication téléphonique avec une station de navire via les réseaux publics commutés et une station côtière;

j) que, dans de nombreux pays, les réseaux publics commutés ont des restrictions en ce qui concerne le nombre maximum de chiffres qui peuvent être composés sur un cadran ou sur un clavier pour identifier la station de navire appelée et la station côtière d'acheminement, ce qui pourrait empêcher de convertir directement l'identité MMSI complète en un numéro conforme à la Recommandation UIT-T E.164, qui sera composé pour atteindre le navire;

k) que, quelles que puissent être les restrictions requises, il importe dans l'intérêt du développement du service automatique dans le sens station côtière vers navire qu'elles soient aussi peu nombreuses que possible;

l) que grâce aux systèmes mobiles par satellite, la communauté maritime peut se raccorder automatiquement aux systèmes de correspondance publique internationale en utilisant le plan d'identités, de nommage et d'adressage;

m) que les caractéristiques de signalisation et d'acheminement des systèmes mobiles par satellite actuels utilisés dans le SMDSM imposent aux navires utilisant ces systèmes, l'utilisation d'une identité MMSI se terminant par trois zéros;

n) que le plan de numérotage spécifié pour les systèmes mobiles par satellite des générations à venir qui seront utilisés dans le SMDSM, sera conçu de façon à répondre aux besoins du service de correspondance publique internationale et ne permettra probablement pas d'intégrer une partie de l'identité MMSI dans le numéro qui sera composé pour appeler un navire,

notant

que tous les dispositifs visés dans la présente Recommandation sont considérés comme des stations, au sens du numéro **1.61** du Règlement des radiocommunications,

recommande

1 que, pour les navires conformes à la Convention internationale pour la sauvegarde de la vie humaine en mer, 1974, telle qu'elle a été amendée et les autres navires équipés de systèmes de radiocommunications automatiques, y compris les systèmes AIS, les systèmes ASN, et/ou dotés des dispositifs d'alerte du système mondial de détresse et de sécurité en mer (SMDSM), les identités du service mobile maritime soient assignées conformément aux dispositions figurant dans l'Annexe 1 de la présente Recommandation, selon le cas;

2 que les identités maritimes utilisées pour d'autres dispositifs maritimes destinés à des usages particuliers doivent être assignées comme indiqué dans l'Annexe 2;

3 que les stations de navire, y compris les émetteurs-récepteurs portatifs en ondes métriques équipés de systèmes ASN et GNSS, les stations côtières et les aéronefs participant aux opérations de recherche et de sauvetage, qui utilisent un équipement d'appel sélectif numérique conformément aux dispositions de la Recommandation UIT-R M.493 transmettent leur numéro d'identification à 9 chiffres sous forme d'une adresse/auto-identification de 10 chiffres composée normalement de ce numéro suivi d'un zéro (voir aussi la Recommandation UIT-R M.1080);

4 que les stations de navires, les stations côtières et les stations qui ne sont pas à bord de navires, équipés d'un système d'identification automatique conformément à la Recommandation UIT-R M.1371 utilisent leurs identités numériques à 9 chiffres;

5 que, pour assurer la compatibilité avec le système mondial de détresse et de sécurité en mer, les fournisseurs de services de télécommunication concernés mettent immédiatement à la disposition de toutes les entités autorisées les numéros, noms et adresses des stations terriennes de navire participant à des services internationaux de télécommunication;

6 de consulter les directives données dans l'Annexe 3 de la présente Recommandation pour l'assignation, la gestion et la sauvegarde des identités dans le service mobile maritime.

Annexe 1

Identités dans le service mobile maritime

Section 1

Assignation d'une identification aux stations de navire

1 Les navires concernés par les services de radiocommunications maritimes mentionnés au point 1 du *recommande* se verront attribuer une identité de station de navire unique à neuf chiffres sous la forme $M_1I_2D_3X_4X_5X_6X_7X_8X_9$, les trois premiers chiffres représentant les chiffres d'identification maritime (MID, *maritime identification digits*) et chaque X représentant un chiffre compris entre 0 et 9. Les chiffres MID désignent l'administration qui exerce sa juridiction sur la station de navire ainsi identifiée.

2 Certains pays peuvent appliquer des restrictions concernant le nombre maximal de chiffres qui peuvent être transmis sur des réseaux télex et/ou téléphoniques nationaux aux fins d'identification des stations de navire.

3 Le nombre maximal de chiffres qui pouvaient être transmis sur les réseaux nationaux de nombreux pays pour indiquer l'identité d'une station de navire était de six. Dans la présente Recommandation et dans les Recommandations de l'UIT-R qui s'y rapportent, on appelle «numéro de station de navire» les chiffres transmis sur le réseau pour représenter l'identité d'une station de navire. L'emploi des techniques décrites ci-dessous aurait dû permettre aux stations côtières de ces pays d'assurer la transmission automatique des appels aux stations de navire.

Pour constituer les identités de station de navire à 9 chiffres, des zéros devraient automatiquement être ajoutés à la fin du numéro de la station de navire par la station côtière pour permettre l'aboutissement d'un appel téléphonique provenant de la station côtière et acheminé, par exemple, par un réseau téléphonique public commuté:

Numéro de station de navire	*Identité de la station de navire*
$M_1I_2D_3X_4X_5X_6$	$M_1I_2D_3X_4X_5X_60_70_80_9$

4 Conformément aux dispositions ci-dessus et aux Recommandations UIT-T pertinentes, un plan de numérotage a été établi pour les systèmes Inmarsat B, C et M, qui, lui aussi, exige d'assigner aux navires équipés de stations terriennes de norme B, C et M des identités MMSI se terminant par trois zéros.

5 Les restrictions ci-dessus ne s'appliquent pas nécessairement aux systèmes Inmarsat C, étant donné qu'il ne s'agit pas de terminaux auxquels on peut se connecter depuis le réseau téléphonique public commuté, mais uniquement de terminaux de données.

6 S'agissant des systèmes Inmarsat B et M, tant que subsisteront les restrictions mentionnées ci-dessus, les navires susceptibles d'être affectés par ces limitations se verront attribuer uniquement des identités de station de navire où $X_7X_8X_9$ = 000.

7 L'identité d'appel de groupe de stations de navire utilisée pour appeler simultanément plusieurs navires est formée comme suit:

$$0_1M_2I_3D_4X_5X_6X_7X_8X_9$$

le premier caractère étant un zéro et chaque X représentant un chiffre compris entre 0 et 9. Le MID ne représente que le territoire ou la zone géographique de l'administration qui assigne l'identité d'appel de groupe de stations de navire et n'empêche donc pas d'appeler des groupes composés de navires de différentes nationalités.

8 Grâce à l'évolution des systèmes mobiles mondiaux par satellite, les stations terriennes de navire peuvent participer aux services de correspondance publique internationale. Il est possible d'assigner aux stations dotées de cette fonction des numéros de télécommunication internationaux qui n'ont pas de correspondance directe avec l'identité MMSI de station de navire. Les autorités habilitées à assigner les numéros, noms et adresses associés à ces stations terriennes de navire devraient tenir à jour un registre de correspondance avec les identités MMSI, par exemple dans une base de données appropriée. Pour les besoins du SMDSM, ces relations de correspondance devraient être communiquées aux entités autorisées, par exemple mais pas uniquement les centres de coordination des opérations de sauvetage (CCS)[1]. Ces renseignements devraient être disponibles, de façon automatique, 24 h sur 24, 365 jours par an.

Section 2

Assignation d'une identification aux stations côtières

1 Les stations côtières et les autres stations au sol participant aux services de radiocommunications maritimes, visées au point 3 du *recommande*, se verront attribuer une identité de station côtière unique à neuf chiffres sous la forme $0_10_2M_3I_4D_5X_6X_7X_8X_9$, les chiffres 3, 4 et 5 représentant les chiffres d'identification maritime (MID) et chaque X représentant un chiffre compris entre 0 et 9. Les chiffres MID désignent l'administration qui exerce sa juridiction sur la station côtière ou la station terrienne côtière.

2 Etant donné que le nombre de stations côtières diminue dans de nombreux pays, une administration souhaitera peut-être assigner une identité MMSI dans le format ci-dessus aux stations de radiocommunications portuaires, aux stations de pilotage, aux identités de systèmes ou à d'autres stations participant aux services de radiocommunications maritimes. Pour pouvoir utiliser le format 00MIDXXXX, les stations concernées devraient être installées sur un continent ou sur une île.

---

[1] Par sa Résolution A.1001(25), l'OMI exige que, dans la mesure du possible, ces systèmes acheminent automatiquement les communications prioritaires de détresse vers un CCS.

3 L'administration peut utiliser le sixième chiffre pour différencier certaines applications de cette catégorie d'identité MMSI, indiquées dans l'exemple ci-dessous:

a) 00MID1XXX Stations de radiocommunications côtières

b) 00MID2XXX Stations de radiocommunications portuaires

c) 00MID3XXX Stations de pilotage, etc.

4 Ce format permet de créer des ensembles de 999 chiffres pour chaque catégorie de station. Cependant, cette méthode est facultative et ne devrait être utilisée qu'à titre d'orientation. Si l'administration concernée souhaite étendre ce format, de nombreuses autres possibilités s'offrent à elle.

5 L'identité d'appel de groupe de stations côtières utilisée pour appeler simultanément plus d'une station côtière est formée d'un sous-ensemble d'identités de station côtière, comme suit:

$$0_1 0_2 M_3 I_4 D_5 X_6 X_7 X_8 X_9$$

les deux premiers caractères étant des zéros et chaque X représentant un chiffre compris entre 0 et 9. Le MID ne représente que le territoire ou la zone géographique de l'administration qui assigne l'identité d'appel de groupe de stations côtières. L'identité peut être attribuée à des stations d'une administration situées dans une seule région géographique, comme indiqué dans les Recommandations pertinentes de l'UIT-T.

6 La combinaison $0_1 0_2 M_3 I_4 D_5 0_6 0_7 0_8 0_9$ devrait être réservée à une identité de groupe de stations côtières et devrait concerner toutes les stations 00MIDXXXX relevant de l'administration. Celle-ci peut étendre cette combinaison au moyen d'identités de groupe d'appels supplémentaires (00MID1111, etc.).

7 Pour les besoins du SMDSM, ces assignations d'identité MMSI devraient être communiquées aux entités autorisées, par exemple, mais pas uniquement, aux centres de coordination des opérations de sauvetage (CCS). Ces renseignements devraient être disponibles, de façon automatique, 24 heures sur 24, 365 jours par an.

8 La combinaison $0_1 0_2 9_3 9_4 9_5 0_6 0_7 0_8 0_9$ est réservée à l'identité de l'ensemble des stations côtières et devrait concerner toutes les stations 00XXXXXXX en ondes métriques. Elle ne s'applique pas aux stations côtières en ondes hectométriques ou décamétriques.

Section 3

Assignation d'une identification aux aéronefs

1 Lorsqu'un aéronef doit utiliser des identités du service mobile maritime pour des opérations de recherche et de sauvetage et d'autres communications liées à la sécurité avec des stations du service mobile maritime, l'administration responsable devrait lui attribuer une identité unique à neuf chiffres sous la forme $1_1 1_2 1_3 M_4 I_5 D_6 X_7 X_8 X_9$, les chiffres 4, 5 et 6 représentant les chiffres d'identification maritime (MID) et chaque X représentant un chiffre compris entre 0 et 9. Les chiffres MID représentent l'administration qui exerce sa juridiction sur l'identité d'appel de l'aéronef.

2 Le format ci-dessus permettra de prendre en charge 999 aéronefs par chiffre MID. Si l'administration concernée possède plus de 999 aéronefs de recherche et de sauvetage, elle pourra utiliser un indicatif de pays (MID) additionnel s'il est déjà assigné par l'UIT.

3 L'administration peut utiliser le septième chiffre pour différencier certaines applications de cette catégorie d'identité MMSI, indiquées dans l'exemple ci-dessous:

a) 111MID1XX Aéronefs à voilure fixe

b) 111MID5XX Hélicoptères

4 Ce format permet de créer des ensembles de 99 chiffres pour chaque catégorie de station. Cependant, la méthode décrite dans le présent document est facultative.

5 La combinaison $1_1 1_2 1_3 M_4 I_5 D_6 0_7 0_8 0_9$ devrait être réservée à une identité de groupe d'aéronefs et devrait concerner toutes les stations 111MIDXXX relevant de l'administration. Celle-ci peut étendre cette combinaison au moyen d'identités de groupe d'appels supplémentaires (111MID111, etc.).

6 Pour les besoins des opérations de recherche et de sauvetage, ces assignations d'identité MMSI devraient être communiquées aux entités autorisées, par exemple, mais pas uniquement, aux centres de coordination des opérations de sauvetage (CCS). Ces renseignements devraient être disponibles, de façon automatique, 24 heures sur 24, 365 jours par an.

7 Les identités MMSI assignées aux aéronefs devraient en outre figurer dans la base de données MARS de l'UIT (voir le numéro **20.16** du RR).

Section 4

Assignation d'une identification aux stations d'aide à la navigation équipées d'un système d'identification automatique

1 Lorsqu'un moyen d'identification automatique est nécessaire pour une station d'aide à la navigation en mer, l'administration responsable devrait assigner un numéro unique à neuf chiffres sous la forme $9_1 9_2 M_3 I_4 D_5 X_6 X_7 X_8 X_9$, les chiffres 3, 4 et 5 représentant les chiffres d'identification maritime (MID) et chaque X représentant un chiffre compris entre 0 et 9. Les chiffres MID représentent l'administration qui exerce sa juridiction sur l'identité d'appel de la station d'aide à la navigation.

2 Le format ci-dessus s'applique à tous les types de stations d'aide à la navigation (AtoN, *aids to navigation*) tels qu'énumérés dans la dernière version de la Recommandation UIT-R M.1371 (voir le paramètre «type d'aide à la navigation» du message 21 du système d'identification automatique (AIS) ainsi que le tableau correspondant à ce paramètre). Ce format est utilisé pour toutes les stations équipées d'un système AIS pour la transmission de messages ayant trait à l'aide à la navigation. Dans les cas où une station de base équipée d'un sytème AIS est située au même endroit qu'une station AtoN équipée d'un système AIS, les messages transmis dans le cadre des opérations de la station de base se verront attribuer un numéro d'identification sous la forme indiquée dans l'Annexe 2.

3 Le format ci-dessus permettra de prendre en charge 10 000 stations AtoN par chiffre MID. Si l'administration concernée possède plus de 10 000 stations AtoN, elle pourra utiliser un indicatif de pays (MID) additionnel, s'il est déjà assigné par l'UIT, ce qui permettra d'obtenir 10 000 identités supplémentaires.

4 L'administration peut utiliser le sixième chiffre pour différencier certaines applications de cette catégorie d'identité MMSI, indiquées dans l'exemple ci-dessous:

a) 99MID1XXX Stations physiques AtoN équipées d'un système AIS

b) 99MID6XXX Stations virtuelles AtoN équipées d'un système AIS

5 Ce format permet de créer des ensembles de 999 chiffres pour chaque catégorie de station. Cependant, la méthode décrite dans le présent document est facultative et ne devrait être utilisée qu'à titre d'orientation.

6 Outre l'utilisation du sixième chiffre pour différencier plusieurs auxiliaires de la navigation particuliers, comme il est expliqué ci-dessus, le septième chiffre peut être utilisé pour des besoins nationaux, afin de définir des zones où sont situées les stations AtoN équipées d'un système AIS ou bien des types de stations AtoN équipées d'un système AIS, à la discrétion de l'administration concernée.

7 Ces assignations d'identité MMSI devraient être communiquées entre autres à l'Association internationale de signalisation maritime (AISM) et aux autorités nationales compétentes.

8 Les identités MMSI assignées aux stations d'aide à la navigation devraient en outre figurer dans la base de données MARS de l'UIT (voir le numéro **20.16** du RR).

Section 5

Assignation d'une identification aux engins associés à un navire de base

1 Les engins associés à un navire de base nécessitent une identification unique. Ces engins, qui sont utilisés dans le service mobile maritime, se verront attribuer un numéro unique à neuf chiffres sous la forme $9_1 8_2 M_3 I_4 D_5 X_6 X_7 X_8 X_9$, les chiffres 3, 4 et 5 représentant les chiffres d'identification maritime (MID) et chaque X représentant un chiffre compris entre 0 et 9. Les chiffres MID représentent l'administration qui exerce sa juridiction sur l'identité d'appel de l'engin associé à un navire de base.

2 Ce format de numérotation n'est valable que pour les dispositifs situés à bord d'engins associés à un navire de base. Un engin peut transporter plusieurs dispositifs, qui seront identifiés par l'identité MMSI assignée à l'engin. Ces dispositifs peuvent être situés à bord d'embarcations ou de radeaux de sauvetage, de canots de sauvetage ou d'autres engins appartenant à un navire de base.

3 Une identité MMSI unique devrait être assignée à chaque engin associé à un navire de base et devra être enregistrée séparément et rattachée à l'identité MMSI du navire de base.

4 Le format ci-dessus permettra de prendre en charge 10 000 engins associés à un navire de base par chiffre MID. Si l'administration concernée possède plus de 10 000 de ces dispositifs, elle pourra utiliser un indicatif de pays (MID) additionnel, s'il est déjà assigné par l'UIT, ce qui permettra d'obtenir 10 000 identités supplémentaires.

5 L'identité MMSI assignée aux engins associés à un navire de base devrait en outre figurer dans la base de données MARS de l'UIT (voir le numéro **20.16** du RR).

Annexe 2

Identités maritimes utilisées pour d'autres dispositifs maritimes destinés à des usages particuliers

Ces identités utilisent des ressources de numérotage MID, mais sont destinées à des usages particuliers définis dans chacune des Sections ci-après.

Section 1

Assignation d'identités pour les émetteurs-récepteurs portatifs en ondes métriques équipés d'un système d'appel sélectif numérique et d'un système mondial de navigation par satellite

1 Un émetteur-récepteur portatif en ondes métriques équipé d'un système ASN et GNSS peut avoir besoin d'une identification unique, indiquant que ce dispositif a une autonomie et une zone de couverture limitées, ce qui permet de fournir des informations additionnelles en cas d'urgence.

2 Les émetteurs-récepteurs portatifs en ondes métriques équipés de systèmes ASN et GNSS devraient être utilisés exclusivement dans le service mobile maritime.

3 Les émetteurs-récepteurs portatifs en ondes métriques équipés de systèmes ASN et GNSS participant au service mobile maritime devraient se voir attribuer un numéro unique à neuf chiffres sous la forme $8_1M_2I_3D_4X_5X_6X_7X_8X_9$, les chiffres 2, 3 et 4 représentant les chiffres MID et chaque X représentant un chiffre compris entre 0 et 9. Les chiffres MID désignent l'administration qui assigne l'identité à l'émetteur-récepteur portatif.

$$8_1M_2I_3D_4X_5X_6X_7X_8X_9$$

4 La procédure et les critères applicables à l'assignation et à l'enregistrement de ces identités devraient relever de l'administration concernée.

5 Il convient de respecter les procédures minimales ci-après pour l'enregistrement de ces identités:

a) toutes les identités relevant de cette catégorie devraient être enregistrées par l'autorité nationale concernée, et les centres RCC ou MRCC locaux devraient pouvoir accéder aux données 24 heures sur 24 et 7 jours sur 7. Dans les systèmes bénéficiant d'un accès automatique prioritaire en cas de détresse, cette information devrait être réacheminée automatiquement au centre RCC local;

b) la réutilisation de cette identité devrait être conforme aux directives figurant dans l'Annexe 3 de la présente Recommandation.

6 L'administration peut utiliser le cinquième chiffre pour différencier certaines utilisations/certains utilisateurs spécifiques de l'identité maritime. Cependant, cette méthode est facultative et réservée à l'usage national.

Section 2

Dispositifs utilisant un numéro d'identification libre

Ces identités, qui utilisent le préfixe à 3 chiffres (attribué dans le tableau des chiffres d'identification maritime), servent à identifier les équipements de radiocommunication maritime tels que les systèmes AIS-SART, MOB et RLS-AIS et les équipements similaires ayant besoin d'être identifiés.

1 Système d'identification automatique – émetteur-récepteur de recherche et de sauvetage

Le système AIS-SART devrait utiliser l'identité suivante:

$$9_1 7_2 0_3 X_4 X_5 Y_6 Y_7 Y_8 Y_9$$

(où X_4X_5 = numéro d'identification du fabricant compris entre 01 et 99; $Y_6Y_7Y_8Y_9$ = numéro d'ordre compris entre 0000 et 9999. Une fois arrivé au numéro 9999, le fabricant devrait revenir à 0000 pour le numéro d'ordre.)

2 Systèmes signalant la présence de personnes à la mer (MOB)

Le dispositif MOB émettant un appel ASN et/ou un signal AIS devrait utiliser l'identité suivante:

$$9_1 7_2 2_3 X_4 X_5 Y_6 Y_7 Y_8 Y_9$$

(où X_4X_5 = numéro d'identification du fabricant compris entre 01 et 99; $Y_6Y_7Y_8Y_9$ = numéro d'ordre compris entre 0000 et 9999. Une fois arrivé au numéro 9999, le fabricant devrait revenir à 0000 pour le numéro d'ordre.)

3 Radiobalises de localisation des sinistres – système d'identification automatique (RLS-AIS)

Le système RLS-AIS devrait utiliser l'identité suivante:

$$9_1 7_2 4_3 X_4 X_5 Y_6 Y_7 Y_8 Y_9$$

(où X_4X_5 = numéro d'identification du fabricant compris entre 01 et 99; $Y_6Y_7Y_8Y_9$ = numéro d'ordre compris entre 0000 et 9999. Une fois arrivé au numéro 9999, le fabricant devrait revenir à 0000 pour le numéro d'ordre.)

L'identité de l'utilisateur du système RLS-AIS désigne l'identité du dispositif de radioralliement du système RLS-AIS et non l'identité MMSI du navire.

Annexe 3

Assignation, gestion et sauvegarde d'identités MMSI

Section 1

Identités dans le service mobile maritime

Les administrations devraient prendre les mesures suivantes pour gérer la ressource limitée d'identités, notamment en vue de la réutilisation des identités MMSI se terminant par trois zéros, afin d'éviter l'épuisement des MID et des séries d'identités MMSI correspondantes:

a) appliquer les procédures nationales en vigueur pour l'assignation et l'enregistrement des identités;

b) communiquer au Bureau des radiocommunications des mises à jour régulières des numéros MMSI assignés conformément au numéro **20.16** du RR;

c) lorsque des navires changent de pavillon d'immatriculation (avec changement d'administration), veiller à ce que tous les moyens d'identification de station de navire assignés, y compris l'identité MMSI, soient réassignés en conséquence, et à ce que les modifications soient notifiées au Bureau des radiocommunications dès que possible (voir le numéro **20.16** du RR);

d) la réassignation d'une identité MMSI pourrait être envisagée lorsque celle-ci n'a pas figuré dans deux éditions consécutives de la Liste V des publications de service de l'UIT ou après une période de deux ans, la période la plus longue étant retenue.

Section 2

Identités maritimes utilisées pour d'autres dispositifs maritimes destinés à des usages particuliers

Lorsqu'elles assignent des identités maritimes aux émetteurs-récepteurs portatifs en ondes métriques équipés de systèmes ASN et GNSS, les administrations devraient prendre toutes les mesures à leur disposition pour gérer efficacement la ressource limitée d'identités.

a) Le format indiqué dans la Section 1 de l'Annexe 2, qui sert à assigner des identités aux émetteurs-récepteurs en ondes métriques, permettra de prendre en charge 100 000 émetteurs-récepteurs en ondes métriques par chiffre MID. Lorsque l'administration concernée aura assigné des identités à 100 000 émetteurs-récepteurs en ondes métriques équipés de systèmes ASN et GNSS, elle pourra utiliser un indicatif de pays (MID) additionnel, si celui-ci est déjà assigné par l'UIT, pour obtenir 100 000 identités supplémentaires.

b) Lorsqu'une administration détermine qu'elle a besoin d'une nouvelle attribution d'un chiffre MID, parce qu'elle a épuisé plus de 80% de la ressource MID qui lui avait été attribuée, elle devra adresser par écrit au Directeur du Bureau des radiocommunications une demande officielle d'attribution d'un nouveau chiffre MID.

____

RECOMMANDATION UIT-R M.625-3*

ÉQUIPEMENTS TÉLÉGRAPHIQUES À IMPRESSION DIRECTE UTILISANT L'IDENTIFICATION AUTOMATIQUE DANS LE SERVICE MOBILE MARITIME**

(Question UIT-R 5/8)

(1986-1990-1992-1995)

Résumé

Cette Recommandation donne dans l'Annexe 1 les caractéristiques des équipements de télégraphie à impression directe utilisant une technique ARQ avec identité à 7 éléments pour les communications sélectives, une technique CED à 7 éléments pour le mode diffusion et l'identification automatique à employer pour les nouveaux modèles d'équipement afin d'assurer leur compatibilité avec les équipements existants conformes à la Recommandation UIT-R M.476.

L'Assemblée des radiocommunications de l'UIT,

considérant

a) que le besoin se fait sentir de relier par des circuits radiotélégraphiques les stations de navire entre elles ou les stations de navire et les stations côtières équipées d'appareils arythmiques utilisant l'Alphabet télégraphique international N° 2 de l'UIT-T;

b) que l'équipement télégraphique à impression directe dans le service mobile maritime est utilisé pour:

– le service télex et/ou télégraphique entre une station de navire et un abonné du réseau télex (international);
– le service télégraphique entre une station de navire et une station côtière ou entre deux stations de navire;
– le service télégraphique entre une station de navire et un poste à terre (par exemple, bureau d'un armateur), via une station côtière;
– le service télégraphique selon le mode diffusion à partir d'une station côtière, ou d'une station de navire, à destination d'une ou plusieurs stations de navire;

c) que le mode diffusion ne peut tirer parti des avantages de la méthode de correction d'erreur par détection et répétition (ARQ), étant donné qu'aucun circuit de retour n'est utilisé;

d) que, pour le mode diffusion, il convient d'utiliser une méthode de correction d'erreur sans voie de retour (CED);

e) que les délais de synchronisation et de mise en phase devraient être aussi courts que possible;

f) que la plupart des stations de navire ne permettent guère l'emploi simultané de l'émetteur et du récepteur radioélectriques;

g) qu'un système télégraphique à impression directe mettant en œuvre des méthodes de détection et de correction des erreurs conformes à la Recommandation UIT-R M.476 est actuellement en service;

h) que l'utilisation accrue d'équipements télégraphiques à impression directe a mis en relief la nécessité d'identifier les deux stations sans ambiguïté lors de l'établissement ou du rétablissement d'un circuit;

j) qu'une identification univoque peut être réalisée grâce à un échange de signaux d'auto-identification entre les équipements ARQ au niveau des 7 moments;

k) que l'Appendice 43 du Règlement des radiocommunications (RR), la Recommandation UIT-R M.585 et les Recommandations UIT-T E.210 et UIT-T F.120 établissent un système complet d'assignation d'identités dans le service mobile maritime;

---

* Cette Recommandation doit être portée à l'attention de l'Organisation maritime internationale (OMI) et du Secteur de la normalisation des télécommunications (UIT-T).

** Les nouveaux équipements devraient être conformes à la présente Recommandation, qui traite notamment de la compatibilité avec les équipements existants dont la fabrication est conforme à la Recommandation UIT-R M.476.

Note du Secrétariat: Lors du remaniement du Règlement des radiocommunications effectué à la CMR-95, l'Appendice 43, mentionné dans la présente Recommandation, a été supprimé et son contenu a été transféré dans d'autres parties du Règlement des radiocommunications.

l) que, compte tenu de l'intérêt de pouvoir disposer d'une identité unique assignée à chaque station de navire pour la détresse et la sécurité et pour d'autres usages en télécommunication, la capacité d'adresse doit permettre d'utiliser les identités du service mobile maritime conformément aux dispositions de l'Appendice 43 du RR;

m) que les équipements conçus conformément à la Recommandation UIT-R M.476 ne permettent pas l'utilisation des identités du service mobile maritime mentionnées au § k);

n) qu'il faut assurer la compatibilité dans la mesure du possible avec les équipements construits conformément à la Recommandation UIT-R M.476 mais que l'identification univoque des deux stations ne peut être réalisée lorsque des circuits sont établis au moyen d'équipements conformes à la Recommandation UIT-R M.476,

recommande

1 que, pour les circuits télégraphiques à impression directe dans le service mobile maritime, soit utilisée une méthode ARQ à 7 moments;

2 que, pour le service télégraphique à impression directe dans le mode diffusion, soit utilisée une méthode de correction d'erreur sans voie de retour à 7 moments fonctionnant en diversité de temps;

3 que les équipements, conçus conformément aux § 1 et 2 ci-dessus, utilisent l'identification automatique et possèdent les caractéristiques indiquées dans l'Annexe 1.

ANNEXE 1

SOMMAIRE

Page

1 Généralités (Mode A, Correction d'erreur par détection et répétition (ARQ) et Mode B, Correction d'erreur sans voie de retour (CED)) 4

2 Tableaux de conversion 4
2.1 Généralités 4
2.2 Signaux d'information de trafic 4
2.3 Signaux de service 4
2.4 Signaux d'identification et de contrôle de somme 6
2.5 Obtention du signal de contrôle de somme 6

3 Caractéristiques, Mode A (ARQ) 7
3.1 Généralités 7
3.2 Dispositions concernant la station maîtresse et la station asservie 7
3.3 Station émettrice d'informations (ISS) 7
3.4 Station réceptrice d'informations (IRS) 7
3.5 Procédure de mise en phase 8
3.6 Identification automatique 9
3.7 Ecoulement du trafic 11
3.8 Procédure de remise de phase 12
3.9 Résumé des blocs de service et des signaux de service 14

4 Caractéristiques, Mode B (CED) 14
4.1 Généralités 14
4.2 Station émettrice (CBSS ou SBSS) 14
4.3 Station réceptrice (CBRS ou SBRS) 15
4.4 Procédure de mise en phase 15
4.5 Procédure d'appel sélectif (Mode B sélectif) 15
4.6 Ecoulement du trafic 15

Page

Appendice 1 – Diagrammes LDS (Mode A) ... 27

Appendice 2 – Procédure de mise en phase avec identification automatique dans le cas d'une identité d'appel à 7 signaux (station appelante) ... 31

Appendice 3 – Procédure de remise en phase avec identification automatique dans le cas d'une entité d'appel à 7 signaux (station appelante) ... 34

Appendice 4 – Procédure de mise en phase sans identification automatique dans le cas d'une identité d'appel à 4 signaux (station appelante) ... 37

Appendice 5 – Procédure de remise en phase sans identification automatique dans le cas d'une identité d'appel à 4 signaux (station appelante) ... 38

Appendice 6 – Procédure de mise en phase avec identification automatique dans le cas d'une identité d'appel à 7 signaux (station appelée) ... 39

Appendice 7 – Procédure de remise en phase avec identification automatique dans le cas d'une identité d'appel à 7 signaux (station appelée) ... 42

Appendice 8 – Procédure de mise en phase sans identification automatique dans le cas d'une identité d'appel à 4 signaux (station appelée) ... 45

Appendice 9 – Procédure de remise en phase sans identification automatique dans le cas d'une identité d'appel à 4 signaux (station appelée) ... 46

Appendice 10 – Circulation du trafic dans le cas d'une identité d'appel à 4 signaux et dans le cas d'une identité d'appel à 7 signaux (la station étant dans la position ISS) ... 47

Appendice 11 – Circulation du trafic dans le cas d'une identité d'appel à 4 signaux et dans le cas d'une identité d'appel à 7 signaux (la station étant dans la position IRS) ... 50

Appendice 12 – Diagrammes d'état ... 52

Feuille 1 – Procédure de mise en phase avec identification automatique dans le cas d'une identité d'appel à 7 signaux (station appelante) et circulation du trafic si la station est dans la position ISS ... 52

Feuille 2 – Procédure de remise en phase avec identification automatique dans le cas d'une identité d'appel à 7 signaux (station appelante) et circulation du trafic si la station est dans la position ISS ... 53

Feuille 3 – Procédure de mise en phase sans identification automatique dans le cas d'une identité d'appel à 4 signaux (station appelante) et circulation du trafic si la station est dans la position ISS ... 54

Feuille 4 – Procédure de remise en phase sans identification automatique dans le cas d'une identité d'appel à 4 signaux (station appelante) et circulation du trafic si la station est dans la position ISS ... 55

Feuille 5 – Procédure de mise en phase avec identification automatique dans le cas d'une identité d'appel à 7 signaux (station appelée) et circulation du trafic si la station est dans la position IRS ... 56

Feuille 6 – Procédure de remise en phase avec identification automatique dans le cas d'une identité d'appel à 7 signaux (station appelée) et circulation du trafic si la station est dans la position IRS ... 57

Feuille 7 – Procédure de mise en phase sans identification automatique dans le cas d'une identité d'appel à 4 signaux (station appelée) et circulation du trafic si la station est dans la position IRS ... 58

Feuille 8 – Procédure de remise en phase sans identification automatique dans le cas d'une identité d'appel à 4 signaux (station appelée) et circulation du trafic si la station est dans la position IRS ... 59

1 Généralités (Mode A, Correction d'erreur par détection et répétition (ARQ) et Mode B, Correction d'erreur sans voie de retour (CED))

1.1 Le système dans le Mode A (ARQ) et dans le Mode B (CED) est un système synchrone à une seule voie utilisant le code de détection d'erreur à 7 moments à rapport constant décrit aux § 2.2 et 2.3.

1.2 On utilise une modulation MDF sur la liaison radioélectrique à 100 Bd. La précision des horloges de l'équipement qui commandent la vitesse de modulation doit être égale à 30×10^{-6} ou mieux.

1.3 On utilise la classe d'émission F1B ou J2B avec un déplacement de fréquence sur la liaison radioélectrique de 170 Hz. En cas de déplacement de fréquence par application de signaux audiofréquence à l'entrée d'un émetteur à bande latérale unique, la fréquence centrale du spectre audiofréquence appliquée à l'émetteur doit être de 1 700 Hz.

1.4 La tolérance de fréquence de l'émetteur et du récepteur doit être conforme aux dispositions de la Recommandation UIT-R SM.1137. Il est souhaitable que le récepteur emploie la largeur de bande utilisable minimale (voir aussi le Rapport UIT-R M.585)**.**

NOTE 1 – La largeur de bande à 6 dB du récepteur devrait de préférence se situer entre 270 et 340 Hz.

1.5 Pour la connexion directe au réseau télex international, les signaux d'entrée et de sortie de la ligne doivent être conformes à l'Alphabet télégraphique international N° 2, arythmique à 5 moments, avec une vitesse de modulation de 50 Bd.

1.6 L'équipement conçu conformément à la présente Recommandation contiendra probablement des circuits numériques à grande vitesse. Il faut particulièrement veiller à éviter de causer des brouillages à d'autres équipements et à réduire au minimum la sensibilité aux brouillages provenant d'autres équipements ou de lignes électriques à bord des navires (voir aussi la Recommandation UIT-R M.218).

1.7 Lors du fonctionnement en Mode A (ARQ), la station appelée utilise un intervalle de temps constant entre la fin du signal reçu et le début du signal émis (t_E dans la Fig. 1). Dans le cas de grandes distances de propagation, il est capital de maintenir ce temps t_E aussi court que possible; dans le cas de courtes distances, il peut être souhaitable d'utiliser un intervalle t_E plus long, de 20 à 40 ms par exemple, pour tenir compte de l'abaissement de la sensibilité de la station appelante. Cet intervalle de temps peut être introduit à la station appelée soit dans l'équipement ARQ, soit dans l'équipement radioélectrique.

2 Tableaux de conversion

2.1 Généralités

Plusieurs types de signaux sont utilisés dans le système, à savoir:

– des signaux d'information de trafic,

– des signaux de service (signaux de commande, signaux d'inoccupation, signaux de répétition),

– signaux d'identification,

– signaux de contrôle de somme.

2.2 Signaux d'information de trafic

Ces signaux sont utilisés pendant la communication pour véhiculer l'information des messages transmis d'une station émettrice d'informations à une ou plusieurs stations réceptrices d'informations. Le Tableau 1 énumère les signaux d'information de trafic qui peuvent être utilisés.

2.3 Signaux de service

Ces signaux sont utilisés pour commander les procédures exécutées sur le circuit radioélectrique et ils ne font pas partie des messages transmis. Les signaux de service ne sont généralement pas imprimés ni affichés. Le Tableau 2 énumère les signaux de service qui peuvent être utilisés.

TABLEAU 1

N° de combinaison	Signaux d'information du trafic		Code de l'Alphabet télégraphique international nº 2 [(1)]	Signal à 7 moments émis [(2)]
	Inversion Lettres	Inversion Chiffres	Position de bit [(3)] 1 2 3 4 5	Position de bit [(3)] 1 2 3 4 5 6 7
1	A	–	ZZAAA	BBBYYYB
2	B	?	ZAAZZ	YBYYBBB
3	C	:	AZZZA	BYBBBYY
4	D	⊠ [(4)]	ZAAZA	BBYYBYB
5	E	3	ZAAAA	YBBYBYB
6	F	[(5)]	ZAZZA	BBYBBYY
7	G	[(5)]	AZAZZ	BYBYBBY
8	H	[(5)]	AAZAZ	BYYBYBB
9	I	8	AZZAA	BYBBYYB
10	J	Signal acoustique	ZZAZA	BBBYBYY
11	K	(	ZZZZA	YBBBBYY
12	L	)	AZAAZ	BYBYYBB
13	M	.	AAZZZ	BYYBBBY
14	N	,	AAZZA	BYYBBYB
15	O	9	AAAZZ	BYYYBBB
16	P	0	AZZAZ	BYBBYBY
17	Q	1	ZZZAZ	YBBBYBY
18	R	4	AZAZA	BYBYBYB
19	S	'	ZAZAA	BBYBYYB
20	T	5	AAAAZ	YYBYBBB
21	U	7	ZZZAA	YBBBYYB
22	V	=	AZZZZ	YYBBBBY
23	W	2	ZZAAZ	BBBYYBY
24	X	/	ZAZZZ	YBYBBBY
25	Y	6	ZAZAZ	BBYBYBY
26	Z	+	ZAAAZ	BBYYYBB
27	←	(Retour du chariot)	AAAZA	YYYBBBB
28	≡	(Changement de ligne)	AZAAA	YYBBYBB
29	↓	(Inversion lettres)	ZZZZZ	YBYBBYB
30	↑	(Inversion chiffres)	ZZAZZ	YBBYBBY
31	△	(Espace)	AAZAA	YYBBBYB
32	□	Pas d'information	AAAAA	YBYBYBB

(1) A représente la polarité de départ, Z la polarité d'arrêt (voir aussi la Recommandation UIT-R M.490).

(2) B représente la fréquence émise supérieure et Y la fréquence émise inférieure (voir aussi la Recom mandation UIT-R M.490).

(3) Le bit en position de bit 1 est émis le premier; B = 0, Y = 1.

(4) La représentation graphique indiquée est un symbole schématique de ✠ qui peut aussi être utilisé lorsque l'équipement le permet (§ C9 de la Recommandation UIT-T F.1).

(5) Non assignés à l'heure actuelle (voir la Recommandation UIT-T F.1, § C8). La réception de ces signaux ne doit toutefois pas donner lieu à une demande de répétition.

TABLEAU 2

Mode A (ARQ)	Signal émis	Mode B (CED)
Signal de commande 1 (CS1)	BYBYYBB	
Signal de commande 2 (CS2)	YBYBYBB	
Signal de commande 3 (CS3)	BYYBBYB	
Signal de commande 4 (CS4)	BYBYBBY	
Signal de commande 5 (CS5)	BYYBYBB	
Inoccupation β	BBYYBBY	Inoccupation β
Inoccupation α	BBBBYYY	Signal de mise en phase 1, inoccupation α
Signal de répétition (RQ)	YBBYYBB	Signal de mise en phase 2

2.4 Signaux d'identification et de contrôle de somme

Des signaux d'identification et de contrôle de somme sont utilisés dans la procédure d'identification automatique pour permettre, pendant l'établissement ou le rétablissement d'un circuit radioélectrique, l'identification réciproque des stations concernées d'une manière claire et univoque. Les relations entre les signaux d'identification émis et leurs numéros équivalents sont représentées au Tableau 3a; le Tableau 3b indique la conversion des numéros de contrôle de somme transmis.

TABLEAU 3a

Signal d'identification (IS)	Numéro équivalent (N)
A	19
B	11
C	6
D	18
E	13
F	8
I	15
K	3
M	4
O	14
P	5
Q	2
R	16
S	9
T	10
U	12
V	0
X	1
Y	7
Z	17

TABLEAU 3b

Numéro de contrôle de somme (CN)	Signal de contrôle de somme (CK)
0	V
1	X
2	Q
3	K
4	M
5	P
6	C
7	Y
8	F
9	S
10	T
11	B
12	U
13	E
14	O
15	I
16	R
17	Z
18	D
19	A

2.5 Obtention du signal de contrôle de somme

Les signaux d'identification IS1, IS2, IS3, IS4, IS5, IS6 et IS7 sont respectivement convertis et leurs numéros équivalents N1, N2, N3, N4, N5, N6 et N7 conformément au Tableau 3a. Les trois numéros N1, N2 et N3 sont additionnés et la somme est convertie en un numéro de contrôle de somme CN1 à l'aide d'une addition modulo 20. Ce processus est répété pour les numéros N3, N4 et N5, ce qui permet d'obtenir un numéro de contrôle de somme CN2 et, pour les numéros N5, N6 et N7, un numéro de contrôle de somme CN3, de la manière suivante:

$$N1 \oplus N2 \oplus N3 = CN1$$

$$N3 \oplus N4 \oplus N5 = CN2$$

$$N5 \oplus N6 \oplus N7 = CN3$$

où $\oplus$ désigne une addition modulo 20.

La dernière conversion porte sur les numéros de contrôle de somme CN1, CN2 et CN3, qui sont traduits respectivement en «signal de contrôle de somme 1», «signal de contrôle de somme 2» et «signal de contrôle de somme 3» conformément au Tableau 3b.

Exemple:

Les sept signaux d'identification de la station 364775427 sont les suivants: P E A R D B Y (voir la Recommandation UIT-R M.491).

L'obtention du contrôle de somme s'effectue comme suit:

P E A R D B Y → 5 13 19 16 18 11 7

5 ⊕ 13 ⊕ 19 = 17 (37-20)

19 ⊕ 16 ⊕ 18 = 13 (53-20-20)

18 ⊕ 11 ⊕ 7 = 16 (36-20)

17 13 16 → Z E R

où ⊕ désigne une addition modulo 20.

Résultat:

CK1 devient «Z» (combinaison N° 26, voir le Tableau 1)

CK2 devient «E» (combinaison N° 5, voir le Tableau 1)

CK3 devient «R» (combinaison N° 18, voir le Tableau 1)

3 Caractéristiques, Mode A (ARQ)

3.1 Généralités

Le système fonctionne dans le mode synchrone transmettant des blocs de trois signaux entre une station émettrice d'informations (ISS) et une station réceptrice d'informations (IRS). Après réception de chaque bloc, un signal de commande est transmis de la station IRS à la station ISS indiquant une réception correcte ou demandant la retransmission du bloc. Ces stations peuvent inverser leur rôle.

3.2 Dispositions concernant la station maîtresse et la station asservie

3.2.1 La station qui déclenche l'établissement du circuit radioélectrique (station appelante) devient la station «maîtresse» et la station appelée devient la station «asservie». Cette situation demeure inchangée aussi longtemps que le circuit radioélectrique établi est maintenu, quelle que soit la station qui est, à un moment donné, la station émettrice d'informations (ISS) ou la station réceptrice d'informations (IRS).

3.2.2 L'horloge de la station maîtresse commande le rythme du circuit tout entier (voir le diagramme de rythme du circuit, Fig. 1). Cette horloge doit avoir une précision de 30×10^{-6} ou mieux.

3.2.3 Le cycle du rythme de base est 450 ms; pour chaque station, il comprend une période d'émission suivie d'un arrêt au cours duquel s'effectue la réception.

3.2.4 Le rythme d'émission de la station maîtresse est commandé par l'horloge de la station maîtresse.

3.2.5 L'horloge qui commande le rythme de la station asservie est verrouillée en phase au signal reçu de la station maîtresse, c'est-à-dire que l'intervalle de temps compris entre la fin du signal reçu et le début du signal émis (t_E dans la Fig. 1) est constant (voir également le § 1.7).

3.2.6 Le rythme de réception de la station maîtresse est verrouillé en phase au signal reçu de la station asservie.

3.3 Station émettrice d'informations (ISS)

3.3.1 Cette station groupe les informations à émettre en blocs de trois signaux (3 × 7 éléments de signal).

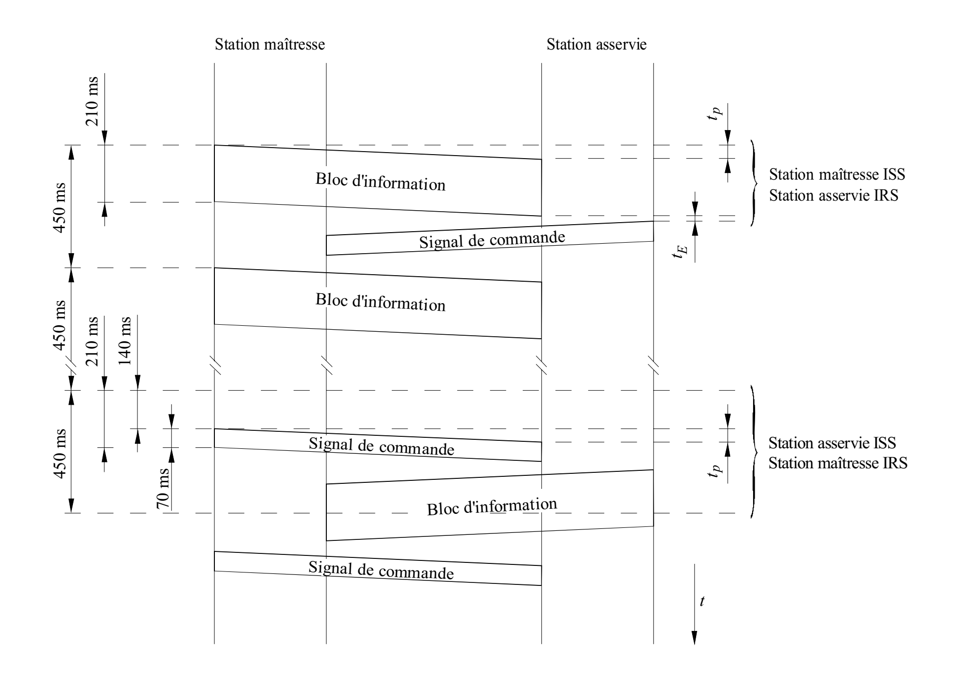
3.3.2 La ISS émet un bloc en 210 ms (3 × 70 ms) suivi d'un arrêt d'émission de 240 ms.

3.4 Station réceptrice d'informations (IRS)

3.4.1 Après réception de chaque bloc, l'IRS émet un signal de commande de 70 ms (7 éléments de signal), après quoi intervient un arrêt d'émission de 380 ms.

FIGURE 1

Diagramme du rythme de base



3.5 Procédure de mise en phase

3.5.1 En l'absence de circuit établi, les deux stations sont dans la position «attente». Dans ce cas, aucune des stations n'est désignée comme station maîtresse, asservie, ISS ou IRS.

3.5.2 Le signal d'appel contient soit quatre, soit sept signaux d'identification, selon le cas. Les signaux d'identification sont énumérés au Tableau 3a. La composition de ces «signaux d'appel» doit être conforme à la Recommandation UIT-R M.491.

3.5.2.1 L'équipement doit pouvoir fonctionner selon les deux procédures d'identification à 4 et à 7 signaux et appliquer automatiquement celle qui convient comme l'indique la composition du «signal d'appel» provenant d'une station appelante ou le nombre de chiffres (4, 5 ou 9) fourni à la station appelante pour identifier la station à appeler.

3.5.3 Le «signal d'appel» (Note 1) est composé comme suit:

– dans le «bloc d'appel 1»: aux première, deuxième et troisième positions de caractère, on trouve respectivement le premier signal d'identification, le signal de service «signal de répétition» et le deuxième signal d'identification de la station appelée;

– dans le «bloc d'appel 2»: aux première, deuxième et troisième positions de caractère, on trouve respectivement:

  – dans le cas d'une identité d'appel à 4 signaux: les troisième et quatrième signaux d'identification de la station appelée et, le «signal de répétition»; ou

  – dans le cas d'une identité d'appel à 7 signaux: le «signal de répétition» et les troisième et quatrième signaux d'identification de la station appelée; ou

– dans le cas d'une identité d'appel à 7 signaux dans le «bloc d'appel 3»: les trois derniers signaux d'identification de la station appelée.

NOTE 1 – Un numéro est assigné à toute station qui utilise un signal d'appel à deux blocs conformément aux numéros 2088, 2134 et 2143 à 2146 du RR.

Une station capable d'utiliser un signal d'appel à trois blocs doit utiliser les chiffres d'identification maritime requis conformément à l'Appendice 43 du RR lorsqu'elle communique avec des stations capables d'utiliser un signal d'appel à trois blocs.

3.5.4 La station qui doit établir le circuit devient la station maîtresse et elle émet le «signal d'appel» jusqu'à réception du signal de commande approprié; cependant, si le circuit n'a pas été établi dans un délai de 128 cycles (128 × 450 ms), la station passe à la position d'attente et attend pendant un délai d'au moins 128 cycles avant d'émettre à nouveau le même «signal d'appel».

3.5.5 La station appelée devient la station asservie et passe de la position «attente» à la position IRS:

– dans le cas d'une identité d'appel à 4 signaux, dès la réception consécutive du bloc «d'appel 1» et du «bloc d'appel 2», à la suite de quoi la station émet le «signal de commande 1» jusqu'à la réception du premier bloc d'identification; ou

– dans le cas d'une identité d'appel à 7 signaux, dès réception de trois blocs d'appel successifs, à la suite de quoi la station émet le «signal de commande 4» jusqu'à la réception du «bloc d'identification 1».

3.5.6 Dès réception de deux signaux identiques consécutifs «signal de commande 1» ou «signal de commande 2», la station appelante passe à la position ISS et transmet directement l'information de trafic (voir le § 3.7) sans identification automatique.

NOTE 1 – L'équipement construit conformément à la Recommandation UIT-R M.476 émet le «signal de commande 1» ou le «signal de commande 2» à la réception du «signal d'appel approprié».

3.5.7 Dès réception du «signal de commande 3» pendant la procédure de mise en phase, la station appelante passe immédiatement à la position «attente» et attend 128 cycles avant d'émettre à nouveau le même «signal d'appel».

NOTE 1 – L'équipement construit conformément à la Recommandation UIT-R M.476 peut émettre le «signal de commande 3» dès réception du «signal d'appel» approprié, si la procédure de remise en phase est en cours dans la station appelée et si celle-ci se trouvait dans la position ISS au moment de l'interruption.

3.5.8 Dès réception du «signal de commande 5» pendant la procédure de mise en phase, la station appelante commence la procédure «fin de communication» conformément au § 3.7.14 et attend au moins 128 cycles avant d'émettre à nouveau le même «signal d'appel». Pendant ce temps, la station est dans la position «attente».

3.6 Identification automatique

S'applique uniquement au cas de l'identité d'appel à 7 signaux.

3.6.1 Dès réception du «signal de commande 4», la station appelante passe à la position ISS et commence la procédure d'identification. Pendant le cycle d'identification, des renseignements sont échangés sur l'identité des deux stations; l'ISS transmet ses blocs d'identification et l'IRS renvoie les signaux de contrôle de somme obtenus à partir de ses identifications conformément au § 2.5. Dès réception de chaque signal de contrôle de somme, la station appelante compare ce signal au signal de contrôle de somme approprié obtenu localement à partir des signaux d'identification émis dans les blocs d'appel. Si les signaux sont identiques, la station appelante continue à exécuter la procédure suivante, sinon la procédure du § 3.6.12 est appliquée.

3.6.2 L'ISS émet le «bloc d'identification 1» contenant son propre premier signal d'identification, le «signal d'inoccupation α» et son deuxième signal d'identification respectivement aux première, deuxième et troisième positions de caractère.

3.6.3 Dès réception du «bloc d'identification 1», la station appelée émet le «signal de contrôle de somme 1», obtenu à partir de cette identité.

3.6.4 Dès réception du «signal de contrôle de somme 1», la station appelante émet le «bloc d'identification 2» contenant respectivement aux première, deuxième et troisième positions de caractère, le «signal d'inoccupation α», son troisième signal d'identification et son quatrième signal d'identification.

3.6.5 Dès réception du «bloc d'identification 2», la station appelée émet le «signal de contrôle de somme 2», obtenu à partir de cette identité.

3.6.6 Dès réception du «signal de contrôle de somme 2», la station appelante émet le «bloc d'identification 3» contenant ses cinquième, sixième et septième signaux d'identification respectivement aux première, deuxième et troisième positions de caractère.

3.6.7 Dès réception du «bloc d'identification 3», la station appelée émet le «signal de contrôle de somme 3», obtenu à partir de cette identité.

3.6.8 Dès réception du dernier signal de contrôle de somme, la station appelante émet le «bloc fin d'identification» contenant trois «signaux de répétition».

3.6.9 Dès réception du «bloc fin d'identification», la station appelée émet, soit:

– le «signal de commande 1», commençant ainsi l'écoulement du trafic conformément au § 3.7; soit

– le «signal de commande 3», si la station appelée doit commencer l'écoulement du trafic dans la position ISS (conformément au § 3.7.11).

3.6.10 Dès réception du «signal de commande 1», la station appelante met fin au cycle d'identification et commence l'écoulement du trafic en émettant le «bloc d'information 1» conformément au § 3.7.

3.6.11 Dès réception du «signal de commande 3», la station appelante met fin au cycle d'identification et commence l'écoulement du trafic avec la procédure de changement de position conformément au § 3.7.11.

3.6.12 Si l'un des signaux de contrôle de somme reçus n'est pas identique au signal de contrôle de somme obtenu localement, la station appelante émet à nouveau le bloc d'identification précédent. Dès réception de ce bloc d'identification, la station appelée émet encore une fois le signal de contrôle de somme approprié.

Dès réception de ce signal de contrôle de somme, la station appelante procède à nouveau à cette comparaison. Si les signaux comparés ne sont toujours pas identiques et si le signal de contrôle de somme reçu est le même que le précédent, la station appelante commence la procédure de «fin de communication» conformément au § 3.7.14; dans le cas contraire, la station appelante émet à nouveau le bloc d'identification précédent. Un bloc d'identification ne peut être retransmis plus de quatre fois en raison de la réception de signaux de contrôle de somme erronés, à la suite de quoi, si le signal de contrôle de somme correct n'est toujours pas reçu, la station appelante passe à nouveau dans la position «attente».

3.6.13 Si, en raison d'une réception mutilée, la station appelante ne reçoit pas:

– le «signal de commande 4», elle continue à émettre le «signal d'appel»;

– le «signal de contrôle de somme 1», elle émet à nouveau le «bloc d'identification 1»;

– le «signal de contrôle de somme 2», elle émet à nouveau le «bloc d'identification 2»;

– le «signal de contrôle de somme 3», elle émet à nouveau le «bloc d'identification 3»;

– le «signal de commande 1» ou le «signal de commande 3», elle émet à nouveau le «bloc fin d'identification»,

en tenant compte du délai limite fixé au § 3.6.18.

3.6.14 Si, en raison d'une réception mutilée, la station appelée ne reçoit pas un bloc pendant le cycle d'identification, elle émet un «signal de répétition», en tenant compte du délai limite fixé au § 3.6.18.

3.6.15 Si, pendant le cycle d'identification, la station appelante reçoit un «signal de répétition», elle émet à nouveau le bloc précédent.

3.6.16 Si, lors de la retransmission d'un bloc d'identification par la station appelante, les signaux d'identification reçus par la station appelée ne sont pas identiques, la station appelée émet un «signal de répétition» jusqu'à ce que deux blocs d'identification consécutifs identiques soient reçus, à la suite de quoi le signal de contrôle de somme correspondant est émis, compte tenu du délai limite fixé au § 3.6.18.

3.6.17 Si, pendant le cycle d'identification, la station appelée reçoit le «bloc fin de communication» (contenant trois «signaux d'inoccupation α»), elle émet un «signal de commande 1» et passe à la position «attente».

3.6.18 Lorsque la réception des signaux pendant le cycle d'identification est continuellement mutilée, les deux stations passent à la position «attente» après 32 cycles de répétition continue.

3.6.19 Chaque station doit garder en mémoire l'identité de l'autre station pour la durée de la communication (voir le § 3.7.1) et cette information doit être accessible localement, par exemple, par l'intermédiaire d'un dispositif d'affichage ou sur un circuit de sortie distinct destiné à un usage extérieur. Toutefois, cette information d'identité ne doit pas figurer sur la ligne de sortie à destination du réseau.

3.7 Ecoulement du trafic

3.7.1 A tout moment après le début de l'écoulement du trafic et jusqu'à ce que la station passe à nouveau à la position d'attente, la station doit garder en mémoire les informations suivantes:

– si elle est dans la position de station maîtresse ou de station asservie;

– l'identité de l'autre station (le cas échéant);

– si elle se trouve dans la position ISS ou IRS;

– si la circulation du trafic est dans la position inversion-lettres ou inversion-chiffres.

3.7.2 L'ISS émet l'information de trafic en blocs, chaque bloc comprenant trois signaux. Si nécessaire, des signaux d'inoccupation β sont utilisés pour terminer ou compléter des blocs d'information en l'absence d'informations de trafic disponibles.

3.7.3 L'ISS garde en mémoire le bloc d'information émis jusqu'à ce que le signal de commande approprié confirmant une réception correcte par l'IRS ait été reçu.

3.7.4 Pour une utilisation interne, l'IRS numérote les blocs d'information reçus alternativement «bloc d'information 1» et «bloc d'information 2» selon le premier signal de commande émis. La numérotation des blocs est interrompue dès réception:

– d'un bloc d'information dans lequel un ou plusieurs signaux sont mutilés; ou

– d'un bloc d'information contenant un signal de répétition.

3.7.5 L'IRS émet un signal de commande dès réception:

– d'un bloc d'information 2 non mutilé; ou

– d'un bloc d'information 1 mutilé; ou

– d'un bloc d'information 1 contenant au moins un signal de répétition.

3.7.6 L'IRS émet un signal de commande 2 dès réception:

– d'un bloc d'information 1 non mutilé; ou

– d'un bloc d'information 2 mutilé; ou

– d'un bloc d'information 2 contenant au moins un signal de répétition.

3.7.7 Pour une utilisation interne, l'ISS numérote les blocs d'information successifs alternativement «bloc d'information 1» et «bloc d'information 2». Le premier bloc doit être numéroté bloc d'information 1 ou bloc d'information 2 selon que le signal de commande reçu est un signal de commande 1 ou un signal de commande 2. La numérotation est interrompue dès réception:

– d'une demande de répétition, ou

– d'un signal de commande mutilé, ou

– d'un signal de commande 3.

3.7.8 Dès réception du signal de commande 1, l'ISS émet le bloc d'information 1.

3.7.9 Dès réception du signal de commande 2, l'ISS émet le bloc d'information 2.

3.7.10 Dès réception d'un signal de commande mutilé, l'ISS émet un bloc contenant trois signaux de répétition.

3.7.11 Procédure de changement de position

3.7.11.1 Si l'ISS doit déclencher un changement de sens du trafic, elle émet la séquence de signaux («↑» (combinaison N° 30), «+» (combinaison N° 26), «?» (combinaison N° 2)) suivie, au besoin, d'un ou plusieurs signaux d'inoccupation β pour compléter le bloc d'information.

3.7.11.2 Dès réception de la séquence des signaux («+», «?» (combinaisons N°s 26 et 2)) avec le sens du trafic dans la position inversion-chiffres, l'IRS émet un signal de commande 3 jusqu'à réception d'un bloc d'information contenant les trois signaux «inoccupation β», «inoccupation α», «inoccupation β».

NOTE 1 – La présence de signaux inoccupation β entre les signaux «+» et «?» ne doit pas empêcher la réponse de l'IRS.

3.7.11.3 Si l'IRS doit déclencher un changement de sens du trafic, elle émet le signal de commande 3.

3.7.11.4 Dès réception du signal de commande 3, l'ISS émet un bloc d'information contenant un signal d'inoccupation β, un signal d'inoccupation α et un signal d'inoccupation β, respectivement aux première, deuxième et troisième positions de caractère.

3.7.11.5 Dès réception du bloc d'information contenant les signaux de service inoccupation β, inoccupation α et inoccupation β, l'IRS devient une ISS et émet:

– soit un bloc d'information contenant trois signaux de répétition, si elle est la station asservie,

– soit un signal de répétition, si elle est la station maîtresse,

jusqu'à réception du signal de commande 1 ou du signal de commande 2, compte tenu du délai limite fixé au § 3.7.12.1.

3.7.11.6 L'ISS devient une IRS après réception:

– soit d'un bloc d'information contenant trois signaux de répétition si elle est la station maîtresse,

– soit un signal de répétition, si elle est la station asservie,

et elle émet soit le signal de commande 1 soit le signal de commande 2, selon que le signal de commande précédent était le signal de commande 2 ou le signal de commande 1, respectivement, à la suite de quoi l'écoulement du trafic commence dans le sens approprié.

3.7.12 Procédure de temporisation

3.7.12.1 Lorsque la réception des blocs d'information ou des signaux de commande est continuellement mutilée, les deux stations reviennent à la position de remise en phase après 32 cycles de répétition continue, conformément au § 3.8.

3.7.13 Procédure d'émission d'indicatifs

3.7.13.1 Si l'ISS doit demander l'identification du terminal, elle émet les signaux «↑» (combinaison N° 30) et «⊠» (combinaison N° 4) suivis, au besoin, d'un ou plusieurs «signaux d'inoccupation β» pour compléter le bloc d'information.

3.7.13.2 Dès réception d'un bloc d'information contenant le signal d'information de trafic «⊠» (combinaison N° 4) avec le sens du trafic dans la position inversion-chiffres, l'IRS:

– modifie le sens du trafic comme indiqué au § 3.7.11;

– émet les signaux d'information de trafic provenant du générateur d'indicatif du téléimprimeur;

– après transmission de l'indicatif, ou en l'absence d'un indicatif, elle émet deux blocs d'information de trois «signaux d'inoccupation β»;

– modifie le sens du trafic comme indiqué au § 3.7.11 et revient à la position IRS.

3.7.14 Procédure de fin de communication

3.7.14.1 Si l'ISS doit rompre un circuit établi, elle émet le bloc «fin de communication» contenant trois signaux d'inoccupation α, jusqu'à réception du signal de commande 1 ou du signal de commande 2 approprié; toutefois, le nombre de transmissions du bloc «fin de communication» est limité à quatre, à la suite de quoi l'ISS revient à la position d'attente.

3.7.14.2 Dès réception du bloc «fin de communication», l'IRS émet le signal de commande approprié indiquant que ce bloc a été correctement reçu et revient à la position d'attente.

3.7.14.3 Dès réception du signal de commande confirmant la réception sans mutilation du bloc «fin de communication», l'ISS revient à la position d'attente.

3.7.14.4 Si l'IRS doit rompre le circuit établi, elle doit d'abord passer à la position ISS conformément au § 3.7.11 avant de procéder à cette opération.

3.8 Procédure de remise en phase

3.8.1 Si, pendant l'écoulement du trafic, la réception de blocs d'information ou de signaux de commande est continuellement mutilée, les deux stations passent à la position «remise en phase» après 32 cycles de répétition continue. La remise en phase correspond au rétablissement automatique du circuit précédent, immédiatement après son interruption à la suite d'une répétition continue (voir le § 3.7.12).

NOTE 1 – Certaines stations côtières n'assurent pas la remise en phase. Il faut donc rendre possible la neutralisation de cette procédure.

3.8.2 Après le passage à la position de remise en phase, la station maîtresse déclenche immédiatement la procédure de remise en phase. Cette procédure est la même que la procédure de mise en phase, mais dans le cas d'une identité d'appel à 7 signaux, au lieu du signal de commande 4 la station asservie qui a recours à cette procédure émettra le signal de commande 5 après réception du signal d'appel approprié en provenance de la station maîtresse engagée dans une remise en phase.

3.8.3 Lorsque le signal de commande 5 est reçu par la station maîtresse, l'identification automatique a lieu comme indiqué au § 3.6. Toutefois, dès réception du bloc fin d'identification contenant trois signaux de répétition:

3.8.3.1 Si, au moment de l'interruption, la station asservie se trouve dans la position IRS, elle émet:

– soit le signal de commande 1 si le dernier bloc correctement reçu avant l'interruption est un bloc d'information 2;

– soit le signal de commande 2 si le dernier bloc correctement reçu avant l'interruption est un bloc d'information 1.

3.8.3.2 Si, au moment de l'interruption, la station asservie se trouve dans la position ISS, elle émet le signal de commande 3 pour déclencher le passage à la position IRS. Lorsque le changement de position est terminé, c'est-à-dire dès réception correcte du bloc contenant trois «répétitions de signaux» par la station maîtresse, celle-ci émet:

– soit le signal de commande 1 si le dernier bloc correctement reçu avant l'interruption est un bloc d'information 2,

– soit le signal de commande 2 si le dernier bloc correctement reçu avant l'interruption est un bloc d'information 1.

3.8.4 Dès réception du signal de commande 4 pendant la procédure de remise en phase, la station maîtresse émet un bloc fin de communication contenant trois signaux d'inoccupation α, à la suite de quoi elle poursuit la tentative de remise en phase.

3.8.5 Dès réception de chaque bloc d'identification, la station asservie compare les signaux d'identification reçus avec l'identité précédemment enregistrée de la station maîtresse et:

– si les signaux sont identiques, la station asservie poursuit la procédure en émettant le signal de contrôle de somme approprié;

– si les signaux ne sont pas identiques, la station asservie déclenche la procédure de fin de communication conformément au § 3.7.14 et reste dans la position de remise en phase.

3.8.6 Dès réception d'un bloc contenant trois signaux d'inoccupation α, la station asservie émet un signal de commande 1 et reste dans la position de remise en phase.

3.8.7 Dans le cas d'une identité d'appel à 4 signaux, la station maîtresse qui assure la remise en phase:

– poursuit directement, dès réception de deux signaux consécutifs «signal de commande 1» ou «signal de commande 2», la transmission de l'information, si la station asservie est dans la position IRS, ou elle commence la procédure de changement de position conformément au § 3.7.11.1 si la station asservie est dans la position ISS;

– déclenche directement, dès réception de deux signaux consécutifs «signal de commande 3», la procédure de changement de position conformément au § 3.7.11.4 si la station asservie est dans la position ISS.

3.8.8 Dans le cas d'une identité d'appel à 4 signaux, la station asservie, dès réception du signal d'appel approprié, émet:

– si, au moment de l'interruption, elle est dans la position IRS:

  – soit le signal de commande 1 si elle a correctement reçu le bloc d'information 2 avant l'interruption;

  – soit le signal de commande 2 si elle a correctement reçu le bloc d'information 1 avant l'interruption;

– si, au moment de l'interruption, elle est dans la position ISS, elle émet le signal de commande 3 pour déclencher le passage à la position ISS.

3.8.9 Si la remise en phase n'a pas été effectuée pendant l'intervalle de temps de 32 cycles, les deux stations reviennent à la position d'attente et aucune nouvelle tentative de remise en phase n'est effectuée.

3.9 Résumé des blocs de service et des signaux de service

3.9.1 Blocs de service

X_1 - RQ - X_2 : «Bloc d'appel 1» contenant les 1er et 2e signaux d'identification.

X_3 - X_4 - RQ : «Bloc d'appel 2» pour une identité d'appel à 4 signaux contenant les 3e et 4e signaux d'identification.

RQ - X_3 - X_4 : «Bloc d'appel 2» pour une identité d'appel à 7 signaux contenant les 3e et 4e signaux d'identification.

X_5 - X_6 - X_7 : «Bloc d'appel 3» pour une identité d'appel à 7 signaux contenant les 5e, 6e et 7e signaux d'identification.

Y_1 - α - Y_2 : «Bloc d'identification 1» contenant les signaux 1 et 2 d'auto-identification et la demande du premier signal de contrôle de somme.

α - Y_3 - Y_4 : «Bloc d'identification 2» contenant les signaux 3 et 4 d'auto-identification et la demande du 2e signal de contrôle de somme.

Y_5 - Y_6 - Y_7 : «Bloc d'identification 3» contenant les signaux 5, 6 et 7 d'auto-identification et la demande du 3e signal de contrôle de somme.

RQ - RQ - RQ : Si ce bloc se présente pendant la procédure d'identification automatique, il indique la fin de cette procédure et demande le signal de commande approprié.

Pendant l'écoulement du trafic, il indique la demande de répétition du dernier signal de commande ou, pendant la procédure de changement de position, il constitue la réponse à β€- α€-€β.

β - α - β : Bloc de changement de sens du trafic.

α - α - α : Bloc déclenchant la procédure de fin de communication.

3.9.2 Signaux de service

CS1 : Demande de «bloc d'information 1» ou de «signal d'appel» correctement reçu au cours de la mise en phase/remise en phase (dans le cas d'une identité d'appel à 4 signaux seulement).

CS2 : Demande de «bloc d'information 2».

CS3 : IRS demande le changement du sens du trafic.

CS4 : Le signal d'appel a été correctement reçu pendant la mise en phase.

CS5 : Le signal d'appel a été correctement reçu pendant la remise en phase.

RQ : Demande de retransmission du dernier bloc d'identification ou d'information ou, pendant la procédure de changement de position, réponse à β€-€α€-€β.

4 Caractéristiques, Mode B (CED)

4.1 Généralités

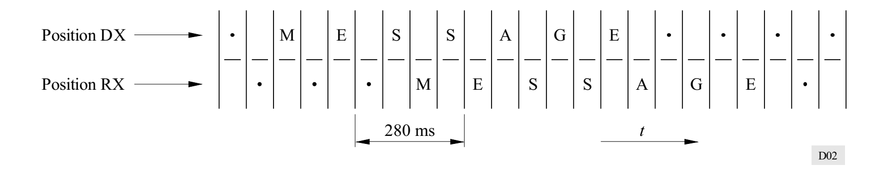
Le système fonctionne dans un mode synchrone, transmettant un train ininterrompu de signaux d'une station émettrice en Mode B collectif (CBSS) vers plusieurs stations réceptrices en Mode B collectif (CBRS), ou d'une station émettrice en Mode B sélectif (SBSS) vers une ou plusieurs stations particulières recevant en Mode B sélectif (SBRS).

4.2 Station émettrice (CBSS ou SBSS)

La station émettrice, en Mode B collectif et en Mode B sélectif, émet chaque signal deux fois: la première émission (DX) d'un signal donné est suivie par l'émission de quatre autres signaux, après quoi a lieu la retransmision (RX) du premier signal, ce qui permet une réception en diversité dans le temps avec un intervalle de 280 ms (4×70 ms) (voir la Fig. 2).

FIGURE 2

Emission en diversité dans le temps



4.3 Station réceptrice (CBRS ou SBRS)

La station réceptrice, dans le Mode B collectif et dans le Mode B sélectif, vérifie les deux signaux (DX et RX) et utilise celui qui est non mutilé. Lorsque les deux signaux paraissent non mutilés mais sont différents, ils doivent alors être considérés comme mutilés.

4.4 Procédure de mise en phase

4.4.1 Quand aucun circuit n'est établi, les deux stations sont dans la position d'attente et aucune position d'émission ou de réception n'est attribuée à l'une ou à l'autre des stations.

4.4.2 La station qui doit transmettre l'information devient la station émettrice et elle émet alternativement un signal de mise en phase 2 et un signal de mise en phase 1, le signal de mise en phase 2 étant transmis dans la position DX et le signal de mise en phase 1 dans la position RX. Au moins 16 de ces couples de signaux doivent être transmis.

4.4.3 Dès réception de la séquence de signaux «signal de mise en phase 1»-«signal de mise en phase 2» ou de la séquence «signal de mise en phase 2»-«signal de mise en phase 1», dans laquelle le signal de mise en phase 2 détermine la position DX et le signal de mise en phase 1 détermine la position RX, et après réception d'au moins deux autres signaux de mise en phase dans la position appropriée, la station passe à la position CBRS et présente une polarité d'arrêt continue au terminal de sortie de ligne jusqu'à la réception du signal d'information «←» (combinaison N° 27) ou «≡» (combinaison N° 28).

4.5 Procédure d'appel sélectif (Mode B sélectif)

4.5.1 Après l'émission du nombre voulu de signaux de mise en phase, la SBSS émet le signal d'appel, qui consiste en six émissions d'une séquence, comprenant chacune les signaux d'identification de la station à choisir suivis d'un signal d'inoccupation β. Cette émission s'effectue selon le mode de diversité dans le temps conformément au § 4.2.

4.5.2 La SBSS émet le signal d'appel et tous les signaux d'information qui suivent dans un rapport de 3B/4Y, autrement dit inversés par rapport aux signaux d'information des Tableaux 1 et 2 ainsi que les signaux d'identification du Tableau 3a.

4.5.3 Le signal d'appel contient soit quatre, soit sept signaux d'identification, selon le cas. Les signaux d'identification sont énumérés au Tableau 3a. La composition de ces signaux d'appel doit être conforme à la Recommandation UIT-R M.491.

4.5.4 A la suite de la réception sans mutilation d'une séquence complète de signaux représentant les signaux d'identification inversés, la CBRS passe à la position SBRS et continue à présenter une polarité d'arrêt au terminal de sortie de ligne jusqu'à la réception du signal d'information «←» (combinaison N° 27) ou «≡» (combinaison N° 28).

4.5.5 La station se trouvant dans la position SBRS accepte les signaux d'information qui suivent dans un rapport de 3B/4Y, toutes les autres stations devant revenir à la position d'attente.

4.6 Ecoulement du trafic

4.6.1 Immédiatement avant l'émission des premiers signaux de trafic, la station émettrice émet les signaux d'information «←» (combinaison N° 27) et «≡» (combinaison N° 28) et commence l'émission du trafic.

4.6.2 Une CBSS émet durant les temps libres de l'écoulement de l'information des signaux de mise en phase 1 et des signaux de mise en phase 2 respectivement dans les positions RX et DX. Au moins une séquence de 4 couples de signaux de mise en phase consécutifs doit se produire tous les 100 signaux émis dans la position DX pendant l'écoulement du trafic.

4.6.3 Durant les interruptions de l'écoulement de l'information, une SBSS émet des signaux d'inoccupation β.

4.6.4 Dès réception du signal d'information «←» (combinaison N° 27) ou «≡» (combinaison N° 28), la station réceptrice commence l'impression des signaux d'information reçu

NOTE 1 – Le terme «impression» est utilisé aux § 4.6.4 et 4.6.5 pour désigner le transfert des signaux de trafic vers les dispositifs de sortie.

4.6.5 La station réceptrice vérifie les deux signaux reçus dans les positions DX et RX,

– imprimant un signal DX ou RX non mutilé ou

– imprimant un «Δ» (combinaison N° 31) ou un caractère d'erreur (défini par l'utilisateur) si les deux signaux DX et RX sont mutilés ou paraissent non mutilés mais différents.

4.6.6 Une station réceptrice revient à la position d'attente si, durant un intervalle de temps prédéterminé, le pourcentage des signaux reçus avec des mutilations dépasse une valeur fixée à l'avance.

4.6.7 Fin d'émission

4.6.7.1 Une station émettrice dans le Mode B (CBSS ou SBSS) doit mettre fin à l'émission en émettant pendant au moins 2 s des signaux d'inoccupation α consécutifs immédiatement après les derniers signaux d'information de trafic émis, à la suite de quoi elle revient à la position d'attente.

4.6.7.2 La station réceptrice revient à la position d'attente au plus tard 210 ms après la réception d'au moins deux signaux d'inoccupation α consécutifs dans la position DX.

FIGURE 3

Procédure de mise en phase avec identification automatique dans le cas d'une identité d'appel à 7 signaux (Mode A)

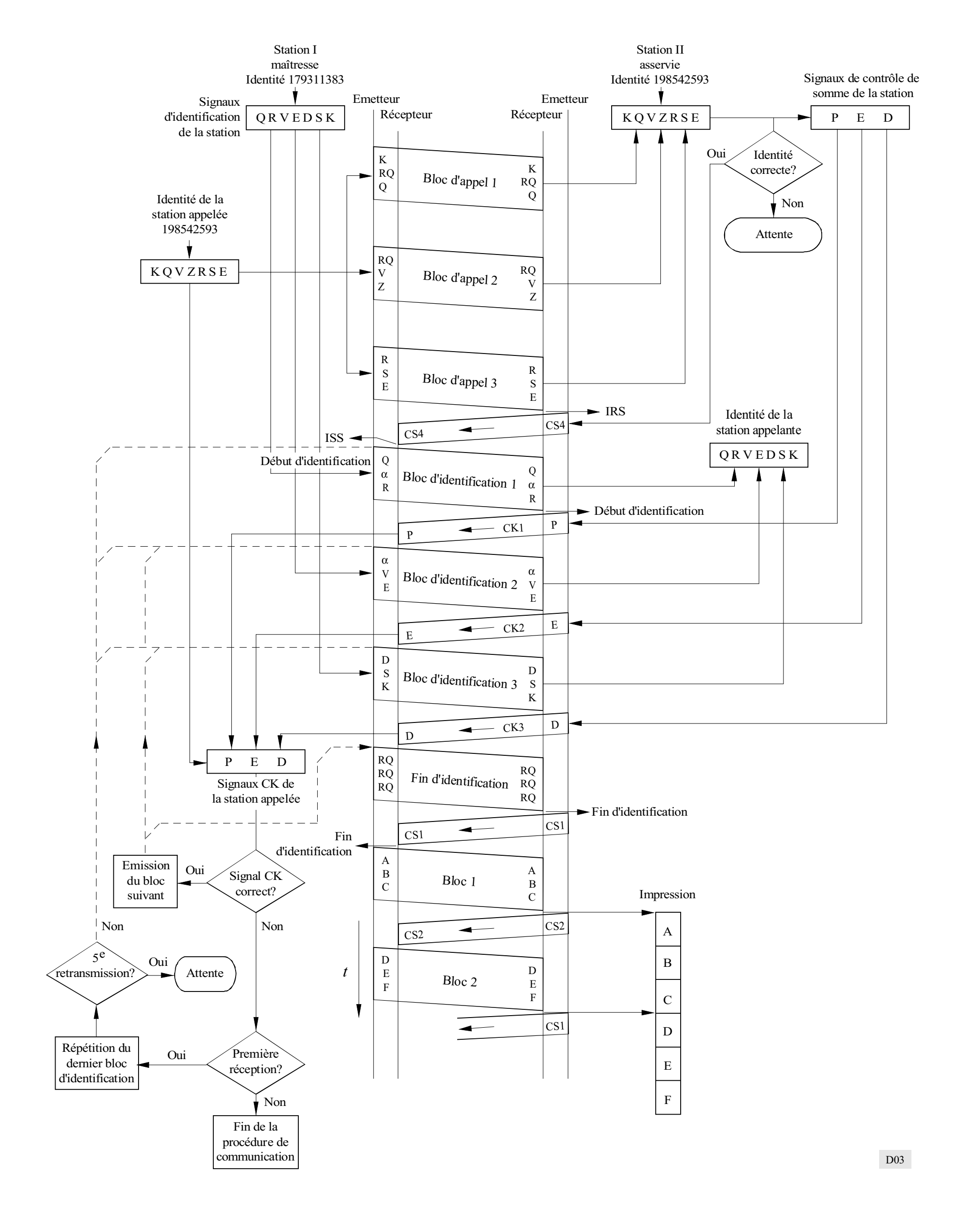


FIGURE 4

Procédure de remise en phase avec identification automatique dans le cas d'une identité d'appel à 7 signaux (la station II était ISS)

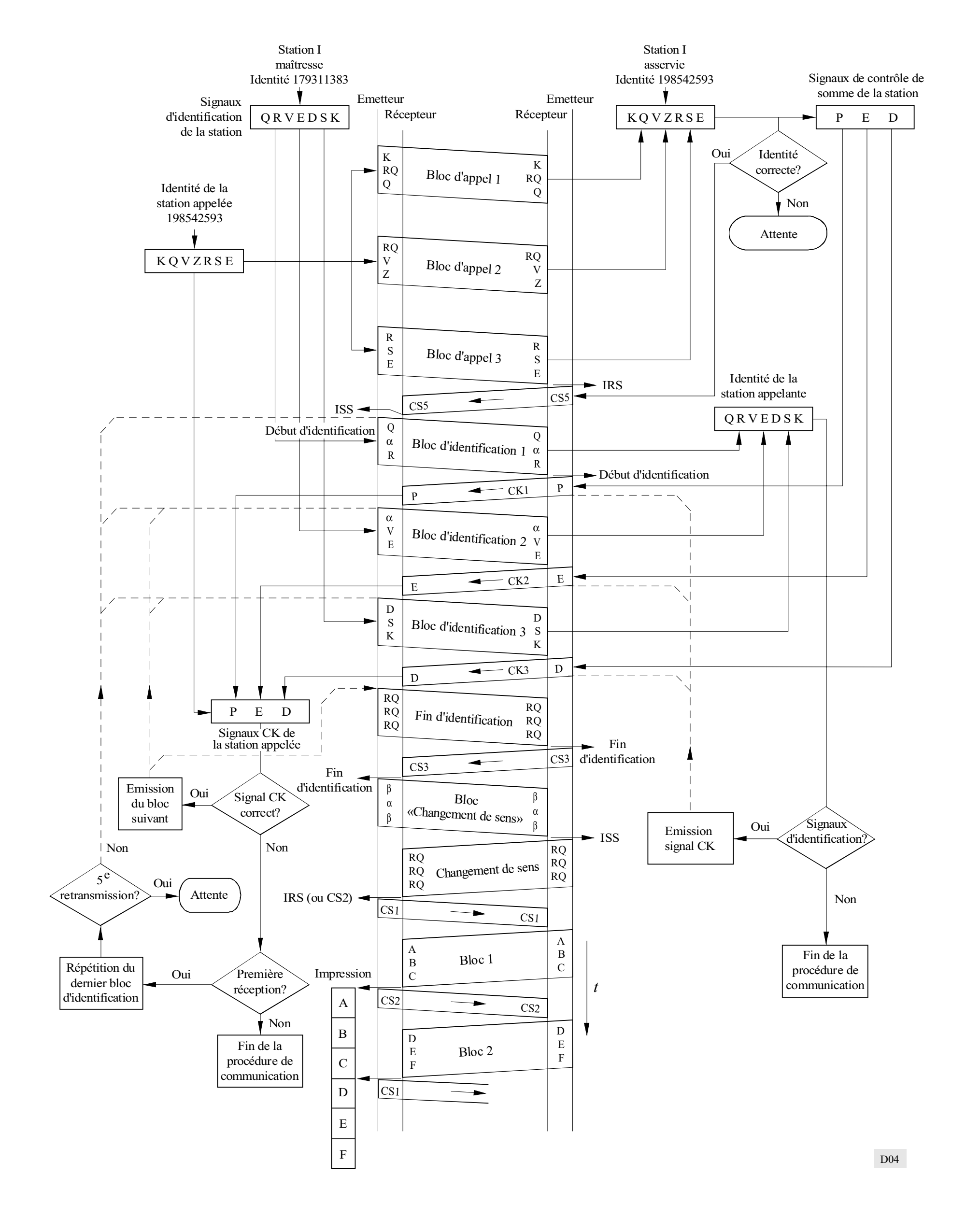


FIGURE 5

Diagramme du trafic avec procédure de changement de sens et fin de communication

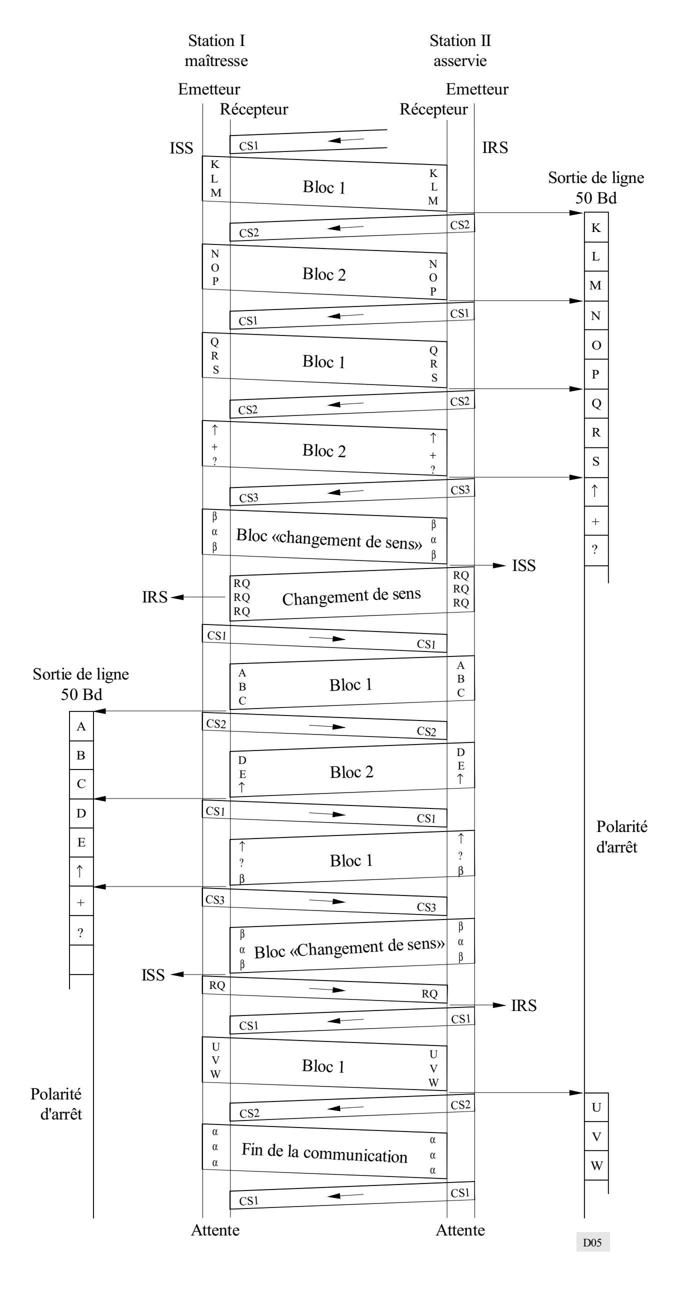


FIGURE 6

Procédure de mise en phase avec identification automatique pour une identité d'appel à 7 signaux en cas de réception mutilée

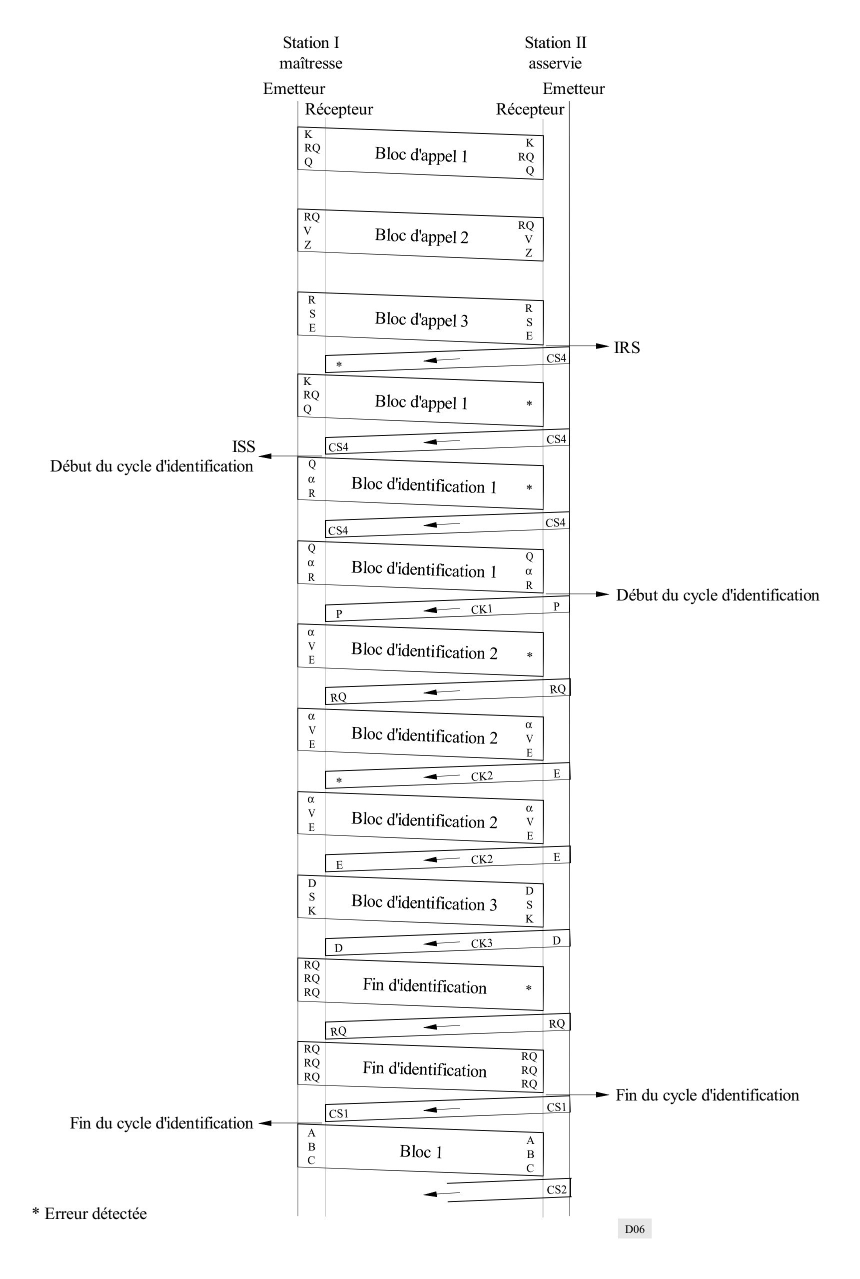


FIGURE 7

Diagramme du trafic en cas de réception mutilée

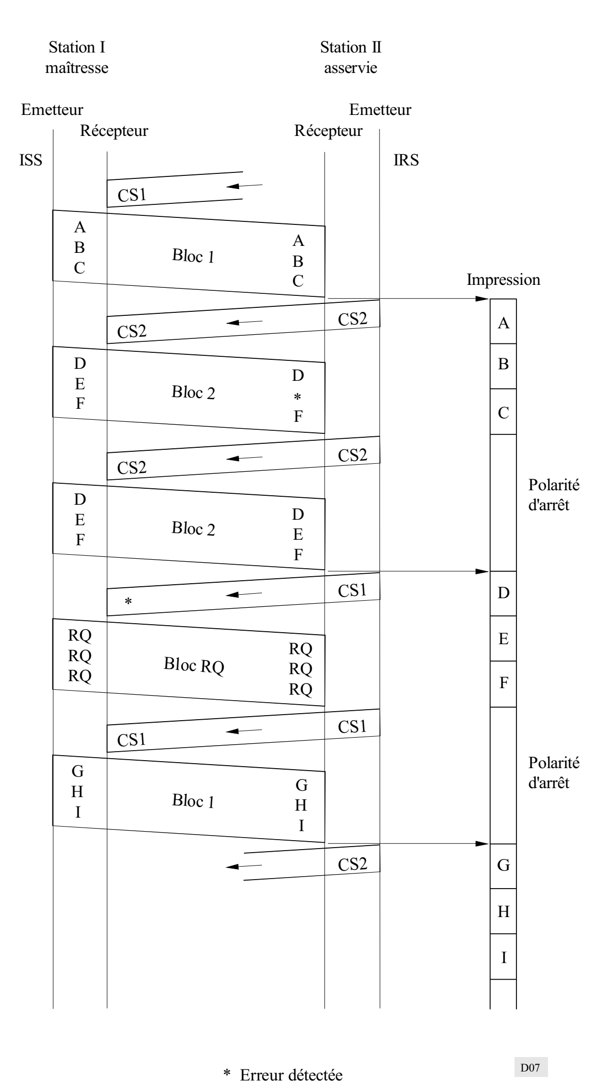


FIGURE 8

Procédure de mise en phase dans le cas d'une identité d'appel à 4 signaux

(1) Avec certains équipements construits conformément à la Recommandation UIT-R M.476, ce signal peut être CS2.

FIGURE 9

Procédure de mise en phase pour une identité d'appel à 4 signaux en cas de réception mutilée

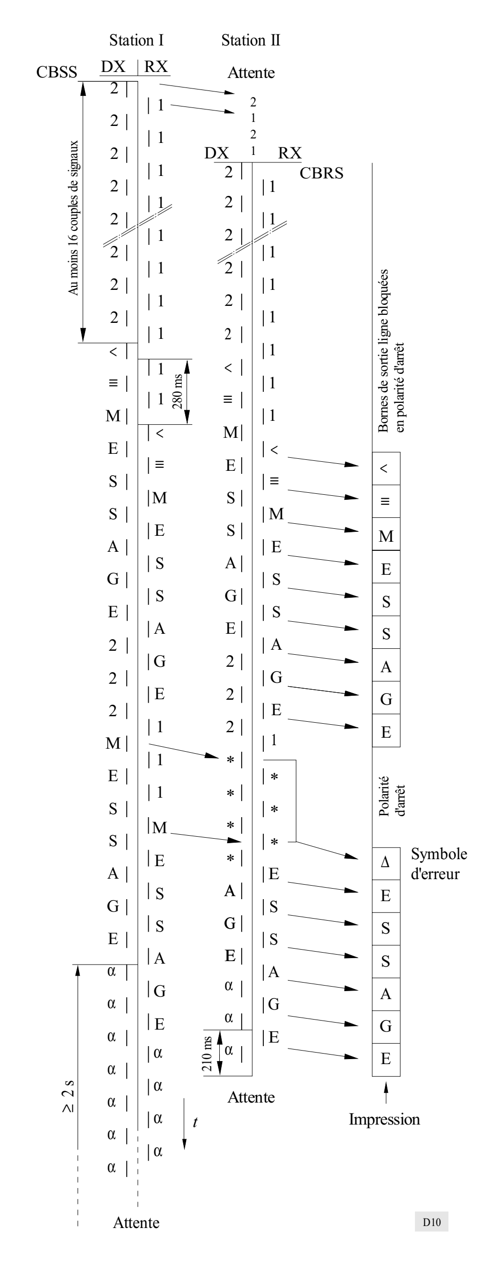
* Erreur détectée

(1) Avec certains équipements construits conformément à la Recommandation UIT-R M.476, ce signal peut être CS2.

D09

FIGURE 10

Fonctionnement en Mode B collectif



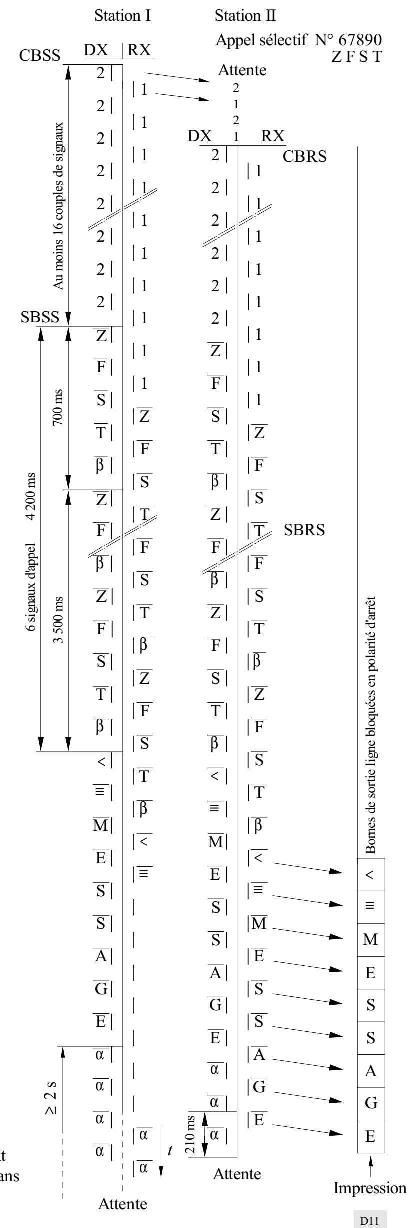
1: signal de mise en phase 1

2: signal de mise en phase 2

* Erreur détectée

FIGURE 11

Fonctionnement en Mode B sélectif dans le cas d'une identité d'appel à 4 signaux



1: signal de mise en phase 1

2: signal de mise en phase 2

Les symboles surmontés d'un trait (par exemple $\overline{M}$) sont transmis dans le rapport 3B/4Y

FIGURE 12

Fonctionnement en Mode B sélectif dans le cas d'une identité d'appel à 7 signaux

APPENDICES DE L'ANNEXE 1

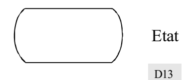
APPENDICE 1

Diagrammes LDS (Mode A)

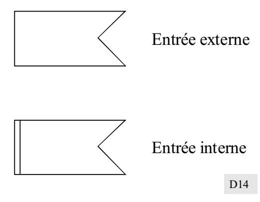
1 Généralités

Le langage de spécification et de description (LDS) est décrit dans la Recommandation UIT-T Z.100.

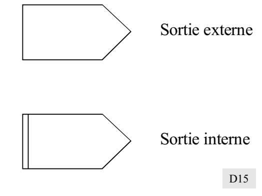
Les symboles graphiques suivants ont été utilisés*:



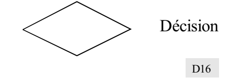
– Un état est une condition dans laquelle l'action d'un processus est suspendue dans l'attente d'une entrée.



– Une entrée est un signal entrant reconnu par un processus.



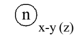
– Une sortie est une action qui engendre un signal agissant ailleurs comme une entrée.



---

* *Note du Secrétariat:*

Un connecteur est représenté par le symbole graphique suivant:



où:

n : numéro du connecteur
x : numéro de la feuille
y : numéro de l'Appendice (celui-ci n'est pas indiqué lorsqu'il s'agit du même Appendice)
z : nombre de cas

– Une décision est une action qui correspond à une question dont la réponse peut être obtenue à ce moment et détermine le choix entre plusieurs trajets pour achever l'exécution de la séquence.

Tâche

D17

– Une tâche est une action qui n'est ni une décision ni une sortie.

2 Procédure de mise en phase avec identification automatique dans le cas d'une identité d'appel à 7 signaux (station appelante)

2.1 Les diagrammes LDS figurent dans l'Appendice 2.

2.2 Les compteurs de supervision suivants sont utilisés dans les diagrammes:

Compteur	Temporisation	Etat	Feuille
n_0	128 cycles	02, 03, 04	1
n_1	128 cycles	00	1
n_2	32 cycles	05, 06, 07, 08	2, 3

3 Procédure de remise en phase avec identification automatique dans le cas d'une identité d'appel à 7 signaux (station appelante)

3.1 Les diagrammes LDS figurent dans l'Appendice 3.

3.2 Les compteurs de supervision suivants sont utilisés dans les diagrammes:

Compteur	Temporisation	Etat	Feuille
n_5	32 cycles	00, 02, 03, 04	1
		05, 06, 07, 08	2, 3
n_1	128 cycles		1
n_2	32 cycles	05, 06, 07, 08	2, 3

4 Procédure de mise en phase sans identification automatique dans le cas d'une identité d'appel à 4 signaux (station appelante)

4.1 Les diagrammes LDS figurent dans l'Appendice 4.

4.2 Les compteurs de supervision suivants sont utilisés dans les diagrammes:

Compteur	Temporisation	Etat	Feuille
n_0	128 cycles	02, 03	1
n_1	128 cycles	00	1

5 Procédure de remise en phase sans identification automatique dans le cas d'une identité d'appel à 4 signaux (station appelante)

5.1 Les diagrammes LDS figurent dans l'Appendice 5.

5.2 Les compteurs de supervision suivants sont utilisés dans les diagrammes:

Compteur	Temporisation	Etat	Feuille
n_5	32 cycles	00, 02, 03	1
n_1	128 cycles		1

6 Procédure de mise en phase avec identification automatique dans le cas d'une identité d'appel à 7 signaux (station appelée)

6.1 Les diagrammes LDS figurent dans l'Appendice 6.

6.2 Les compteurs de supervision suivants sont utilisés dans les diagrammes:

Compteur	Temporisation	Etat	Feuille
n_2	32 cycles	05, 06, 07, 08	2, 3

7 Procédure de remise en phase avec identification automatique dans le cas d'une identité d'appel à 7 signaux (station appelée)

7.1 Les diagrammes LDS figurent dans l'Appendice 7.

7.2 Les compteurs de supervision suivants sont utilisés dans les diagrammes:

Compteur	Temporisation	Etat	Feuille
n_5	32 cycles	00, 01, 02, 03, 04	1
		05, 06, 07, 08	2, 3
n_2	32 cycles	05, 06, 07, 08	2, 3

8 Procédure de mise en phase sans identification automatique dans le cas d'une identité d'appel à 4 signaux (station appelée)

8.1 Les diagrammes LDS figurent dans l'Appendice 8.

9 Procédure de remise en phase sans identification automatique dans le cas d'une identité d'appel à 4 signaux (station appelée)

9.1 Les diagrammes LDS figurent dans l'Appendice 9.

9.2 Les compteurs de supervision suivants sont utilisés dans les diagrammes:

Compteur	Temporisation	Etat	Feuille
n_5	32 cycles	00, 01, 03	1

10 Circulation du trafic dans le cas d'une identité d'appel à 4 signaux et dans le cas d'une identité d'appel à 7 signaux (la station étant dans la position ISS)

10.1 Les diagrammes LDS figurent dans l'Appendice 10.

10.2 Les compteurs de supervision suivants sont utilisés dans les diagrammes:

Compteur	Temporisation	Etat	Feuille
n_3	32 cycles	09, 10, 13	1, 3
n_4	4 cycles	11, 12	2
n_1	128 cycles	12	2
n_5	32 cycles	11, 12, 13, 14	2, 3

11 Circulation du trafic dans le cas d'une identité d'appel à 4 signaux et dans le cas d'une identité d'appel à 7 signaux (la station étant dans la position IRS)

11.1 Les diagrammes LDS figurent dans l'Appendice 11.

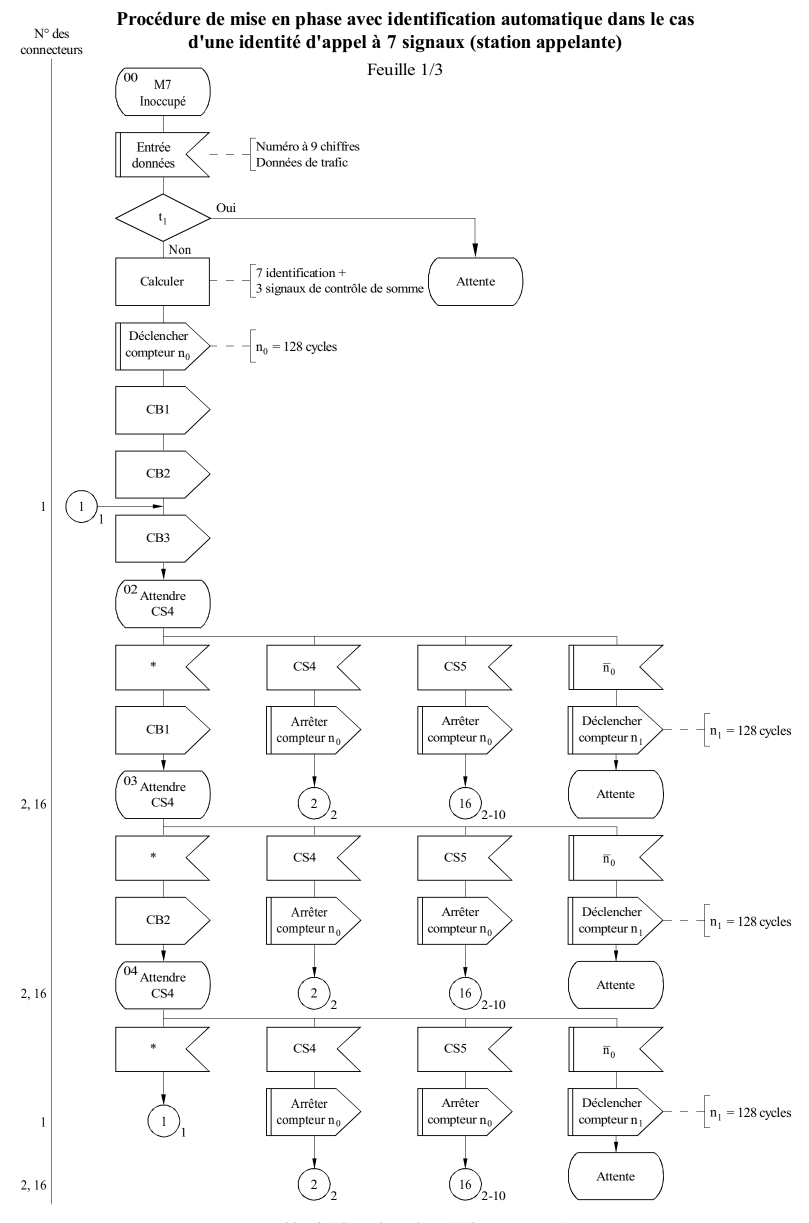
11.2 Les compteurs de supervision suivants sont utilisés dans les diagrammes:

Compteur	Temporisation	Etat	Feuille
n_3	32 cycles	09, 10, 11	1, 2
n_5	32 cycles	09, 10, 11, 12	1, 2

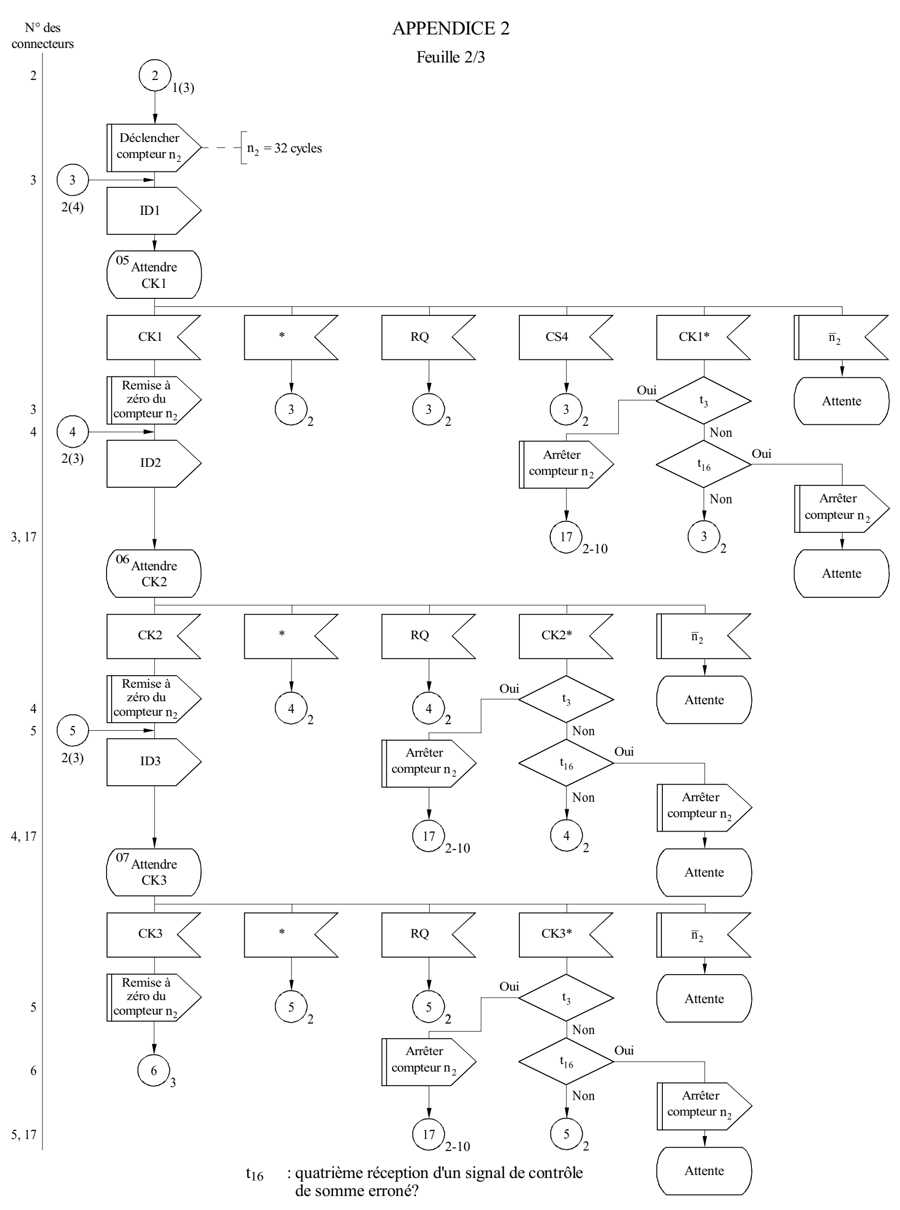
APPENDICE 2

Procédure de mise en phase avec identification automatique dans le cas d'une identité d'appel à 7 signaux (station appelante)

Feuille 1/3



t_1 : même identité d'appel que la précédente et $n_1 > 0$?
* Erreur détectée, signal non conforme ou pas de signal



t_{16} : quatrième réception d'un signal de contrôle de somme erroné?

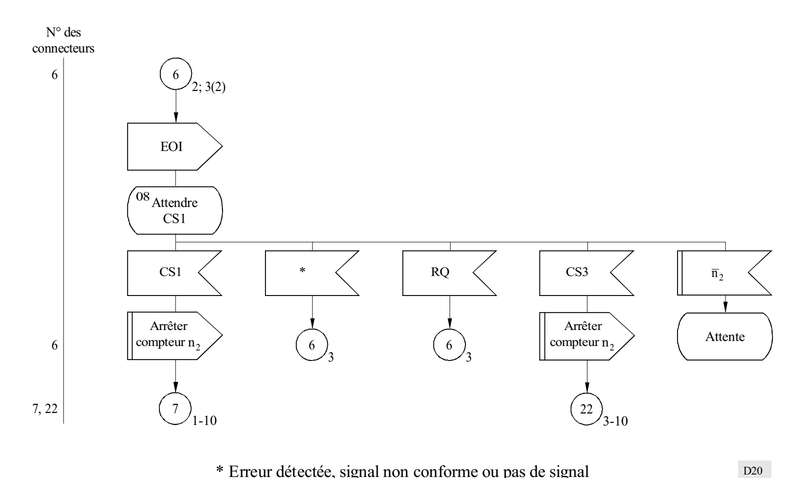
t_3 : même signal de contrôle de somme erroné que cycle précédent?

CKn*: signal de contrôle de somme erroné

* Erreur détectée, signal non conforme ou pas de signal

APPENDICE 2

Feuille 3/3

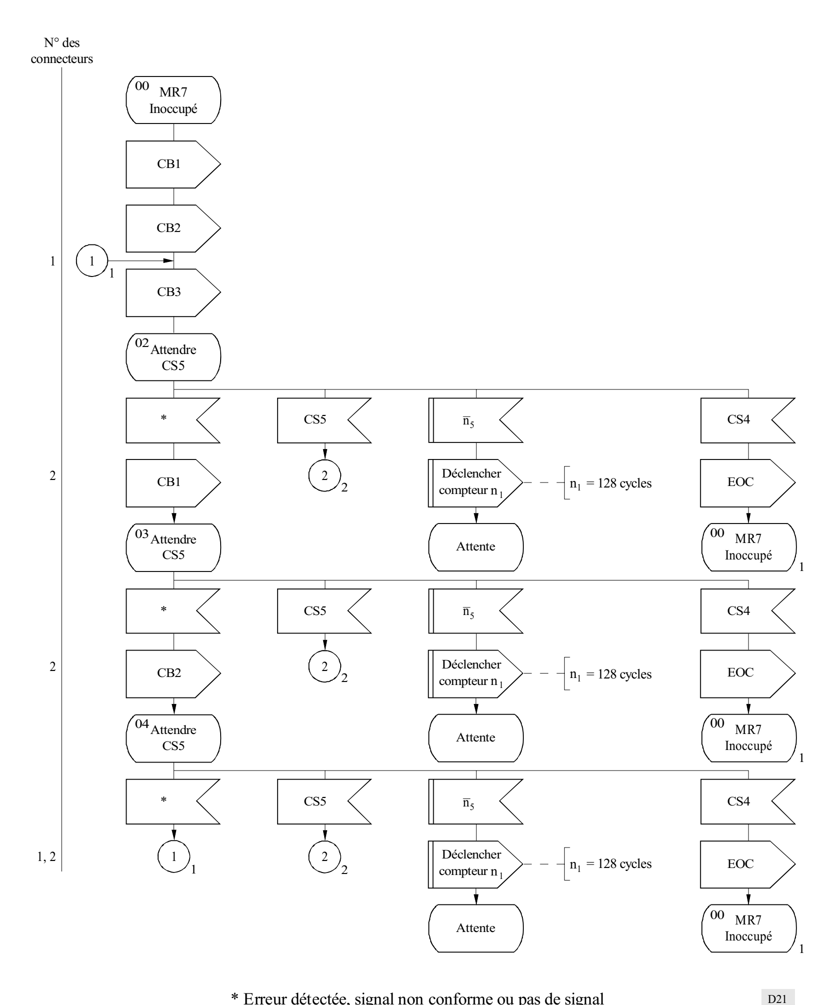


* Erreur détectée, signal non conforme ou pas de signal

APPENDICE 3

Procédure de remise en phase avec identification automatique dans le cas d'une identité d'appel à 7 signaux (station appelante)

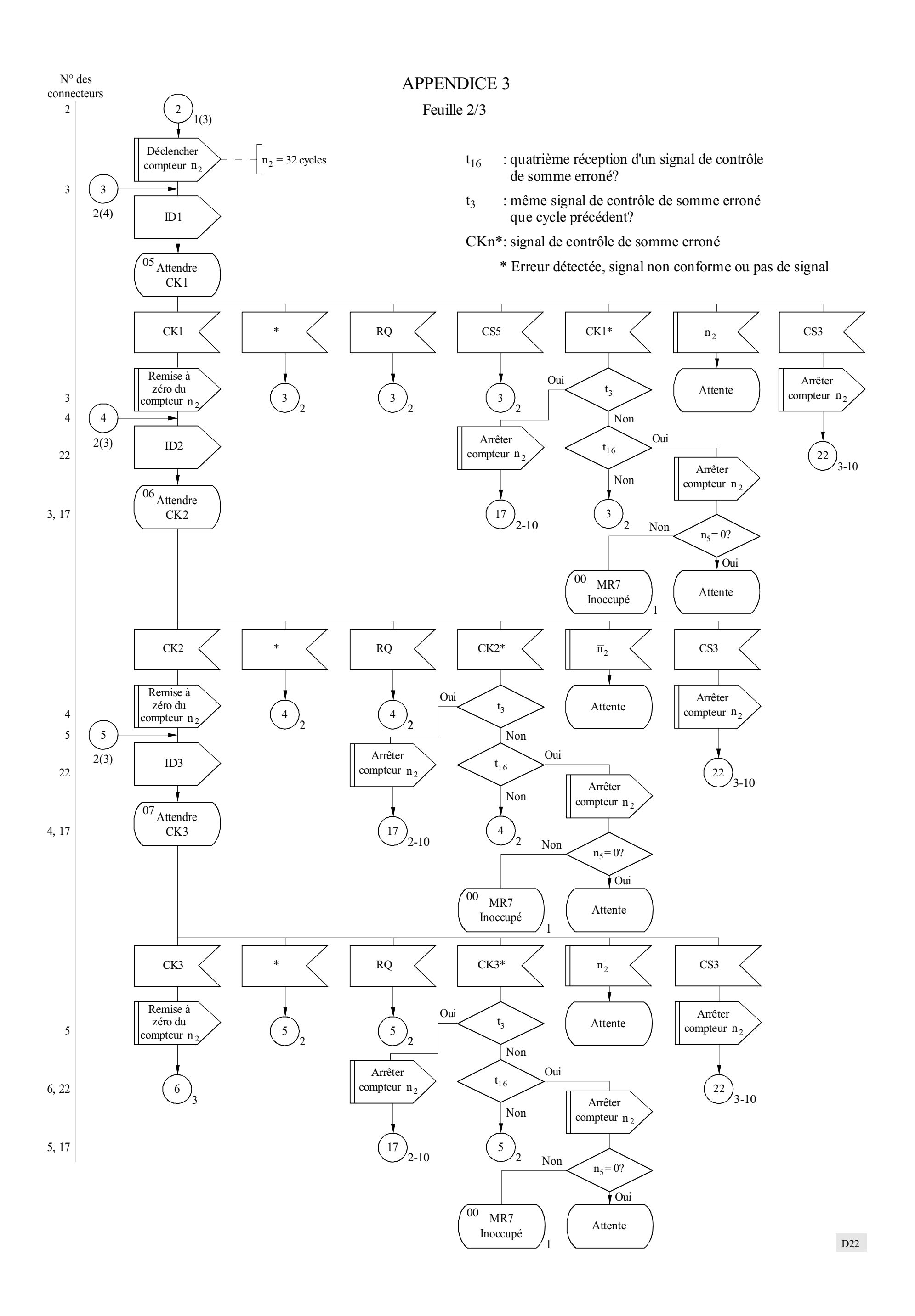
Feuille 1/3



* Erreur détectée, signal non conforme ou pas de signal

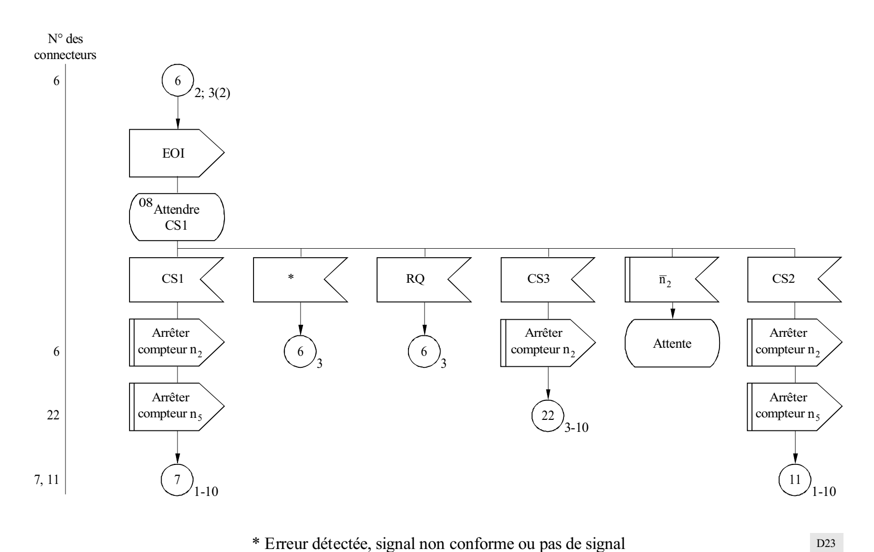
APPENDICE 3

Feuille 2/3



APPENDICE 3

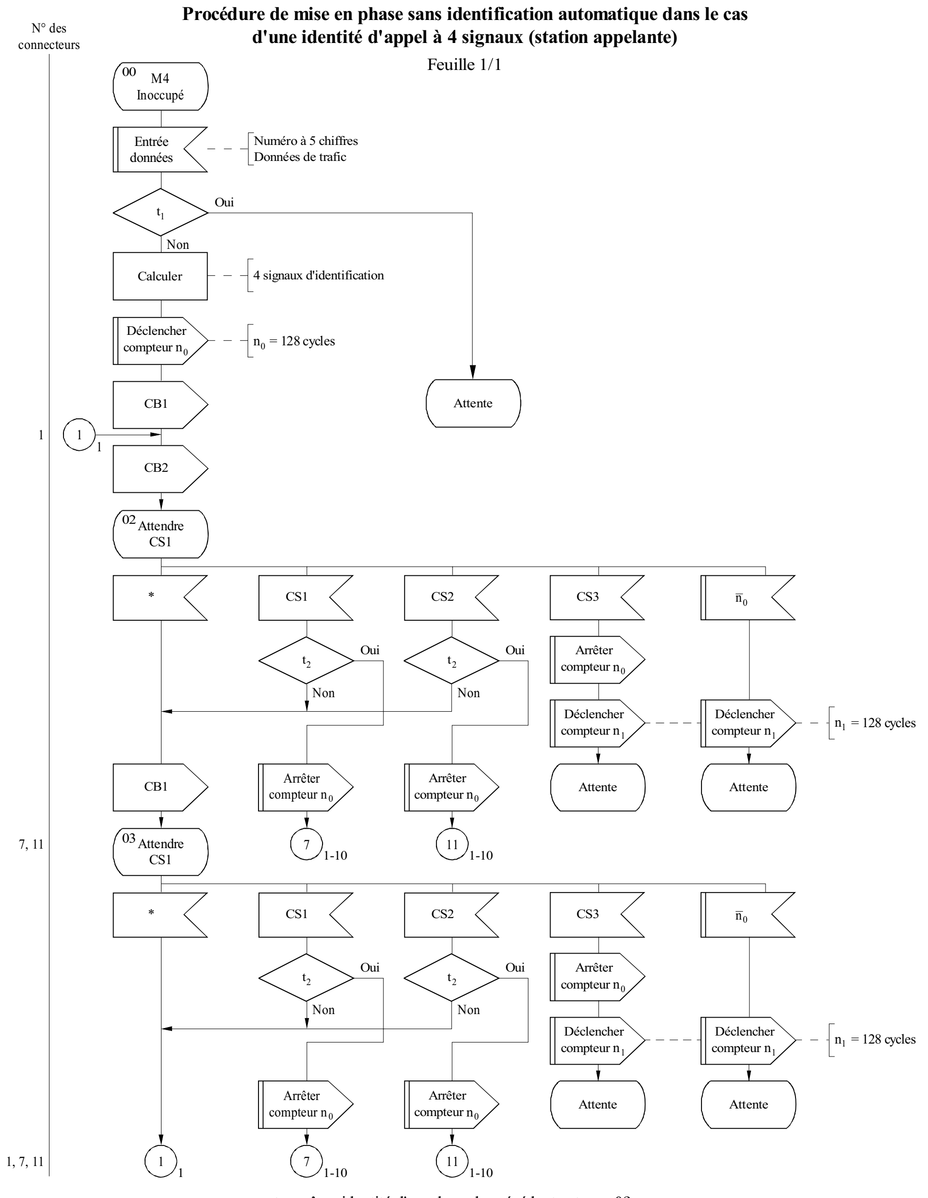
Feuille 3/3



APPENDICE 4

Procédure de mise en phase sans identification automatique dans le cas d'une identité d'appel à 4 signaux (station appelante)

Feuille 1/1

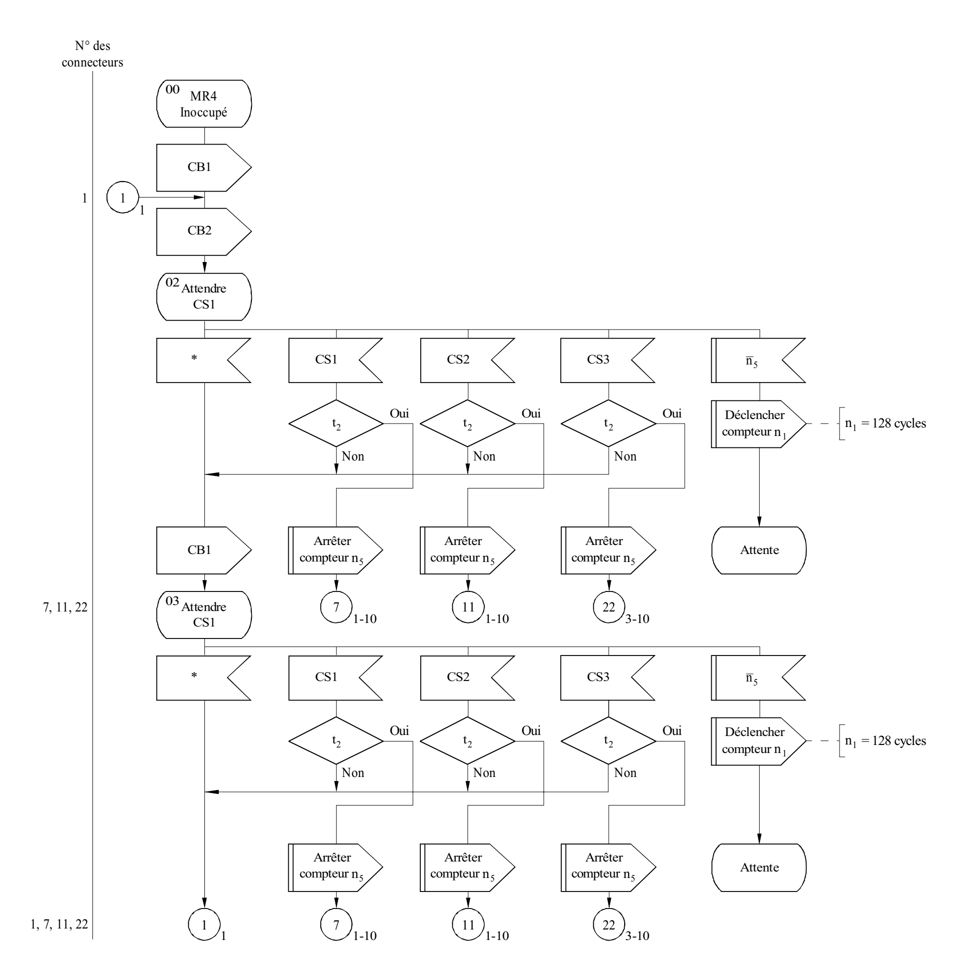


t_1 : même identité d'appel que la précédente et $n_1 > 0$?
t_2 : même signal de commande que cycle précédent?
* Erreur détectée, signal non conforme ou pas de signal

APPENDICE 5

Procédure de remise en phase sans identification automatique dans le cas d'une identité d'appel à 4 signaux (station appelante)

Feuille 1/1



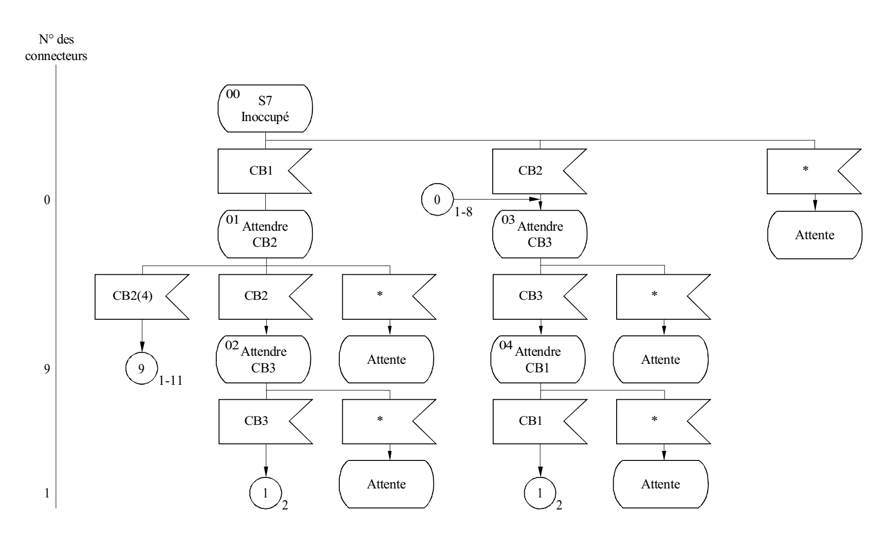
t_2: même signal de commande que cycle précédent?

* Erreur détectée, signal non conforme ou pas de signal

APPENDICE 6

Procédure de mise en phase avec identification automatique dans le cas d'une identité d'appel à 7 signaux (station appelée)

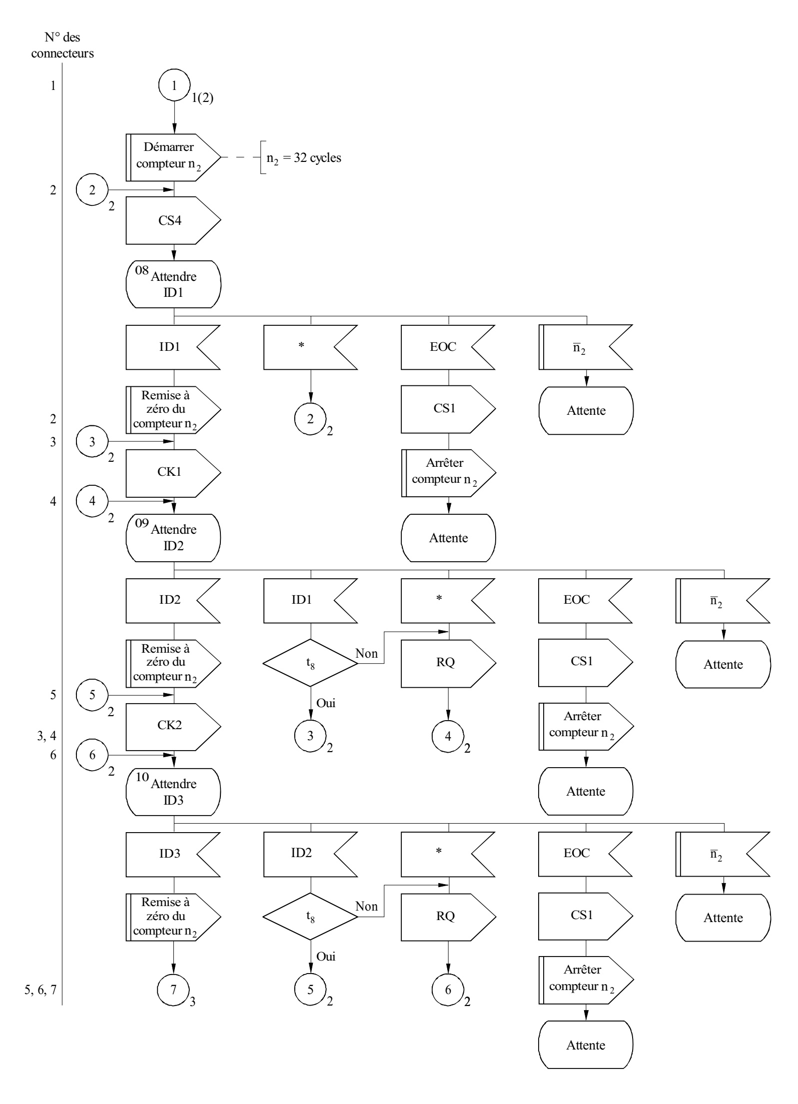
Feuille 1/3



* Erreur détectée, signal non conforme ou pas de signal

APPENDICE 6

Feuille 2/3

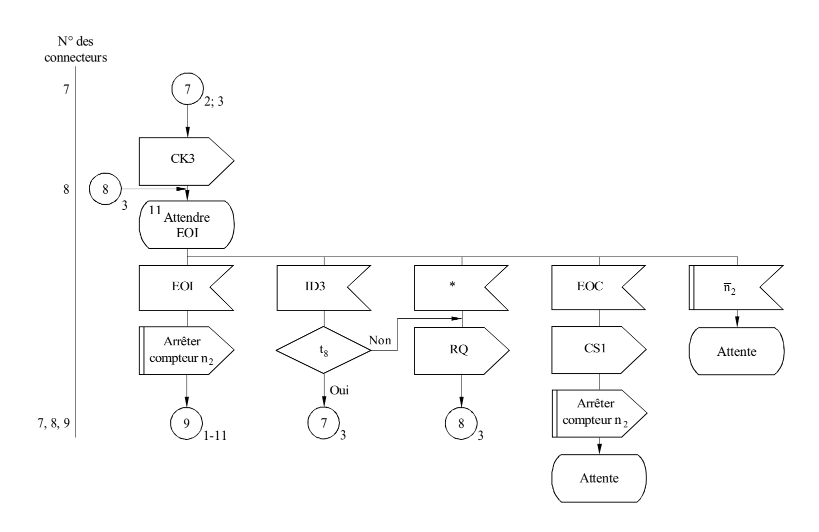


t_3: même bloc d'identification que cycle précédent?

* Erreur détectée, signal non conforme ou pas de signal

APPENDICE 6

Feuille 3/3



t_3: même bloc d'identification que cycle précédent?

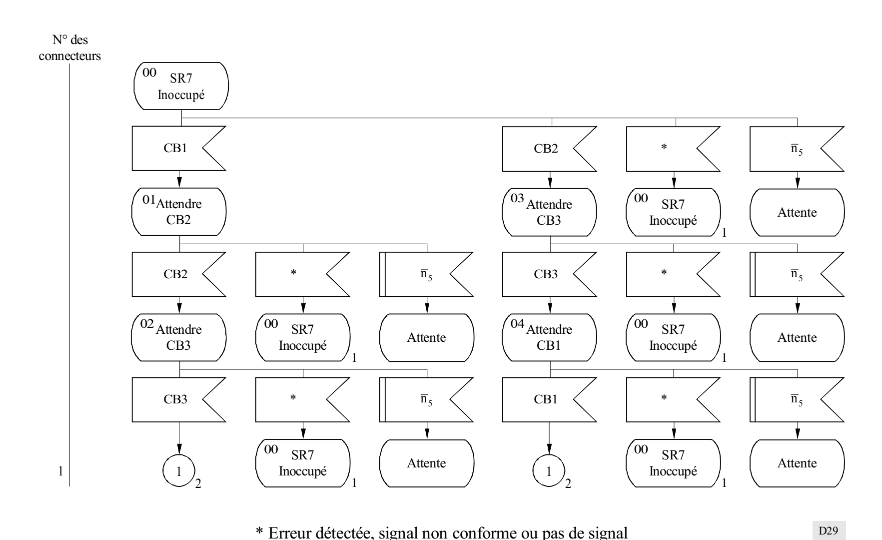
* Erreur détectée, signal non conforme ou pas de signal

D28

APPENDICE 7

Procédure de remise en phase avec identification automatique dans le cas d'une identité d'appel à 7 signaux (station appelée)

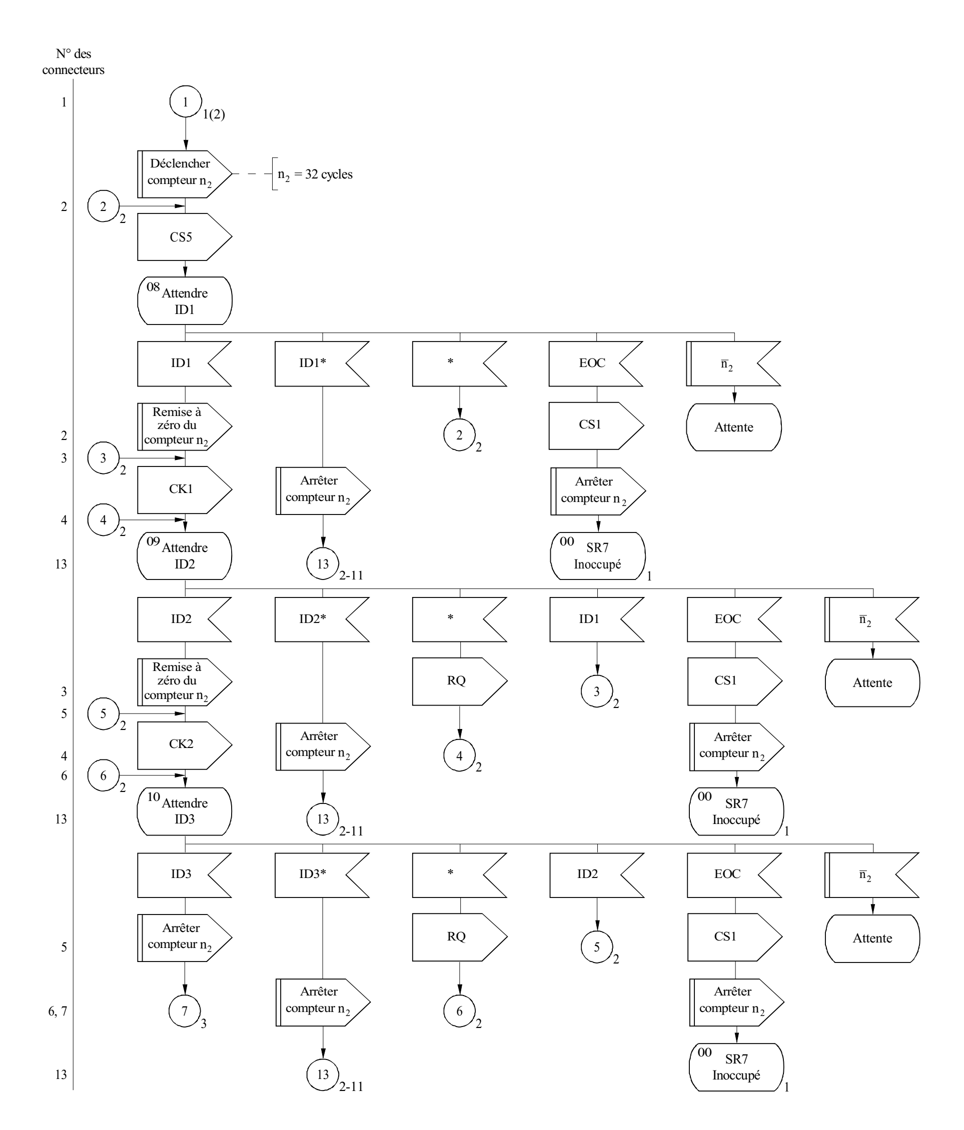
Feuille 1/3



* Erreur détectée, signal non conforme ou pas de signal

APPENDICE 7

Feuille 2/3

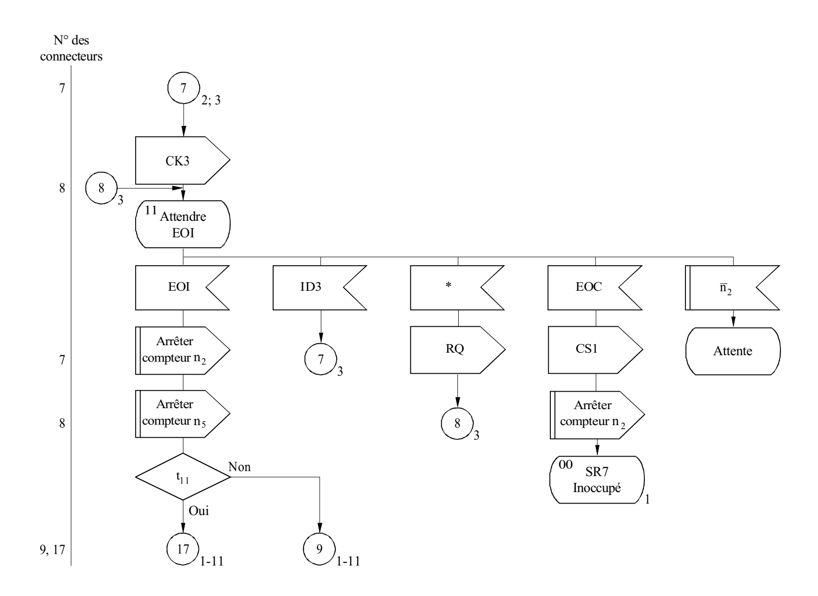


IDn* : signaux d'identification erronés

* Erreur détectée, signal non conforme ou pas de signal

APPENDICE 7

Feuille 3/3



t_{11}: bloc 2 est le dernier bloc reçu au moment de l'interruption?

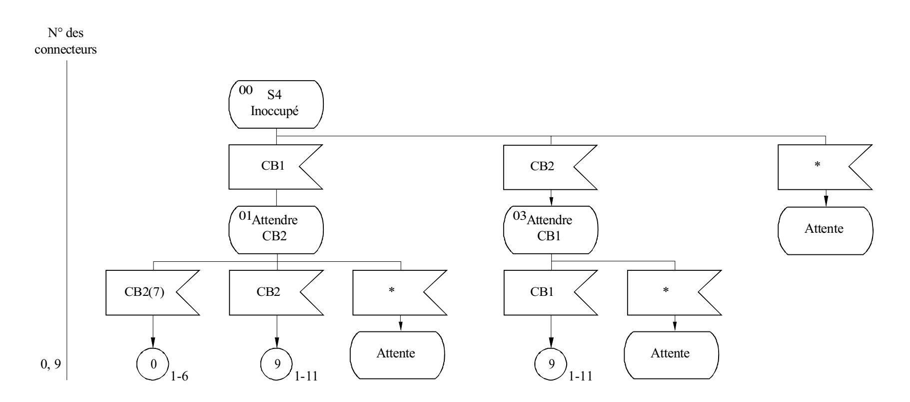
* Erreur détectée, signal non conforme ou pas de signal

D31

APPENDICE 8

Procédure de mise en phase sans identification automatique dans le cas d'une identité d'appel à 4 signaux (station appelée)

Feuille 1/1

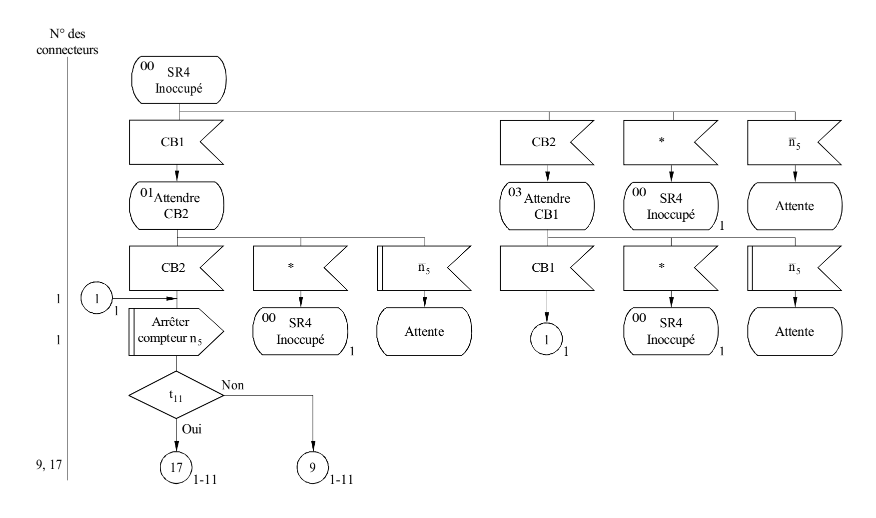


* Erreur détectée, signal non conforme ou pas de signal

APPENDICE 9

Procédure de remise en phase avec identification automatique dans le cas d'une identité d'appel à 4 signaux (station appelée)

Feuille 1/1



t_{11}: bloc 2 est le dernier bloc reçu au moment de l'interruption?

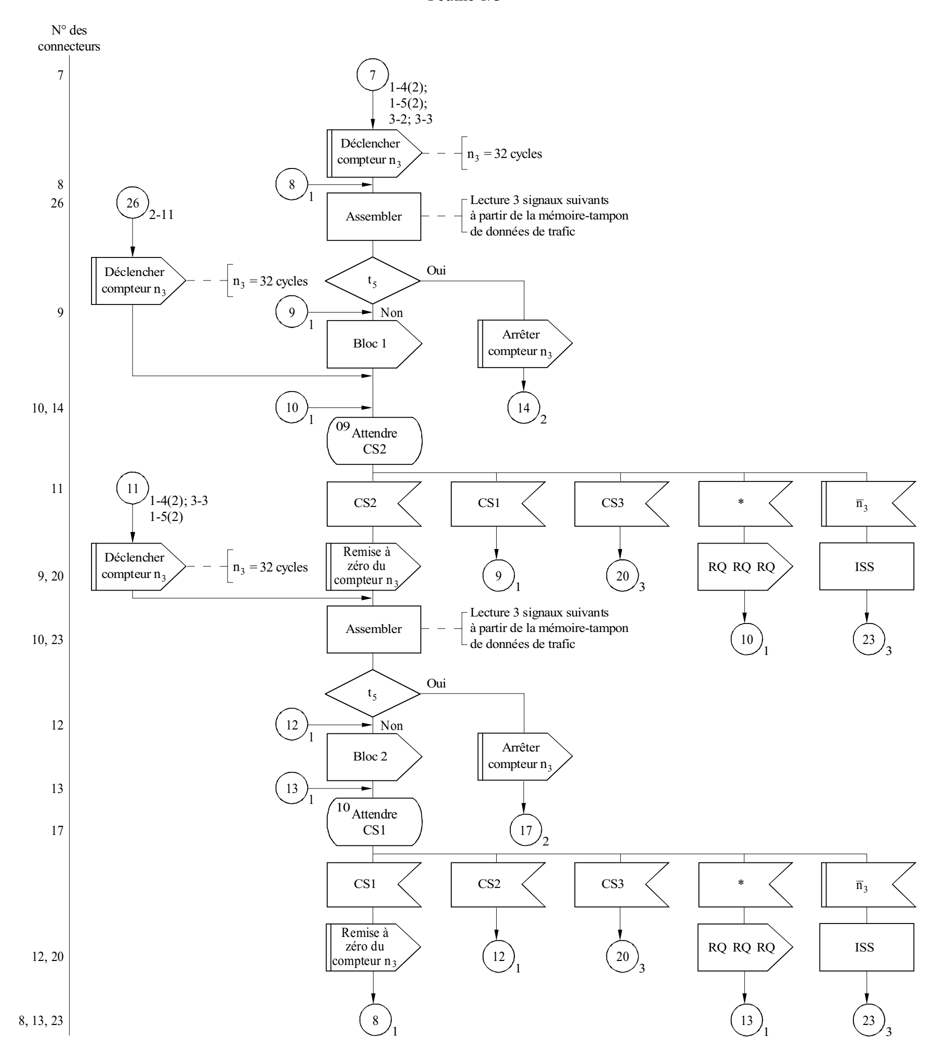
* Erreur détectée, signal non conforme ou pas de signal

D33

APPENDICE 10

Circulation du trafic dans le cas d'une identité d'appel à 4 signaux et dans le cas d'une identité d'appel à 7 signaux (la station étant dans la position ISS)

Feuille 1/3



t_5 : bloc de données contient message «fin de communication»?

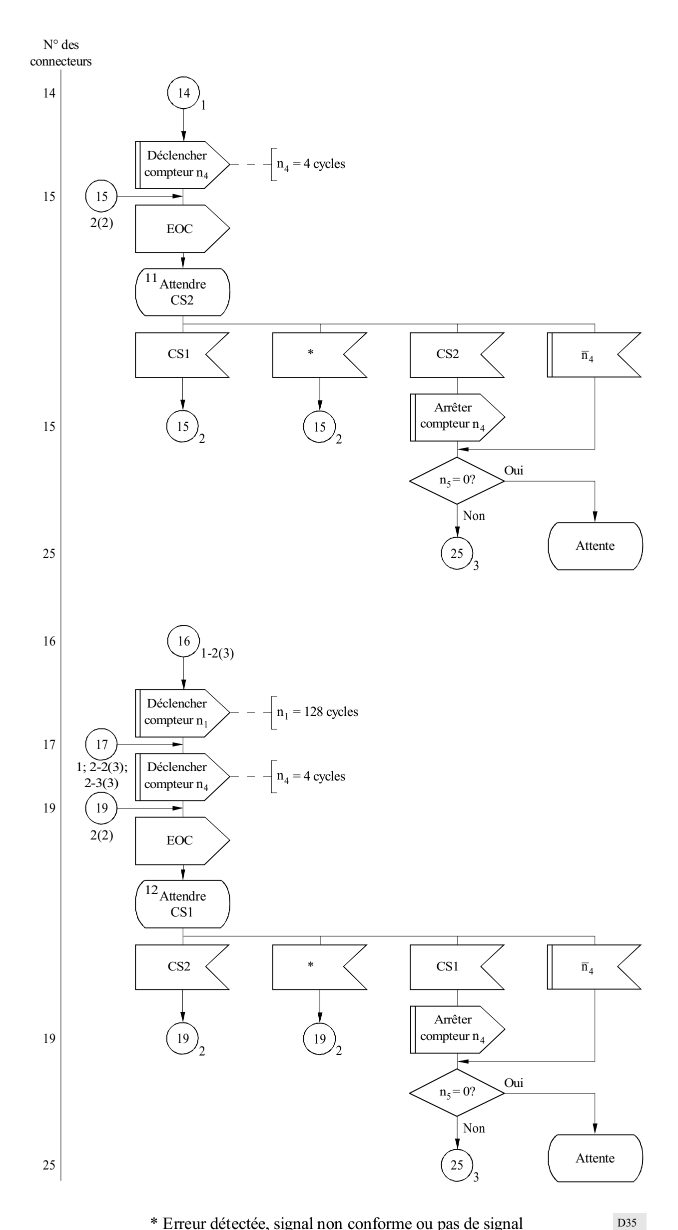
ISS: avertissement: station en position ISS au moment de l'interruption

* Erreur détectée, signal non conforme ou pas de signal

D34

APPENDICE 10

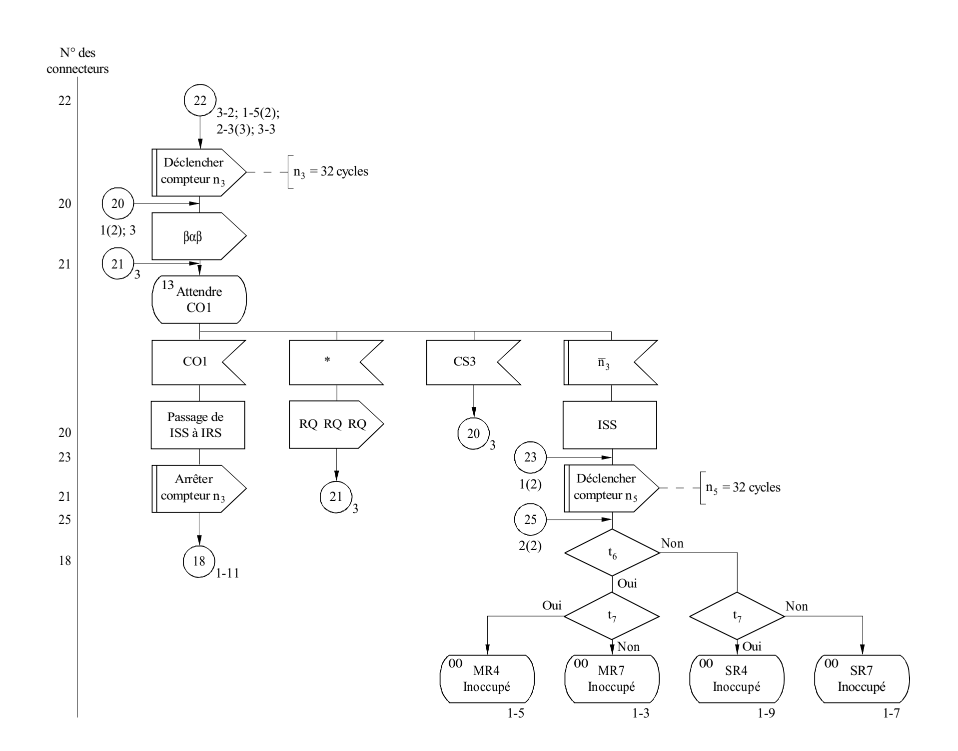
Feuille 2/3



* Erreur détectée, signal non conforme ou pas de signal

APPENDICE 10

Feuille 3/3



t_6 : station est une station maîtresse?

t_7 : station fonctionne dans le cas d'une identité d'appel à 4 signaux?

ISS : avertissement: station en position ISS au moment de l'interruption

CO1: si ISS est:
– station maîtresse alors «RQ RQ RQ»
– station asservie alors «RQ»

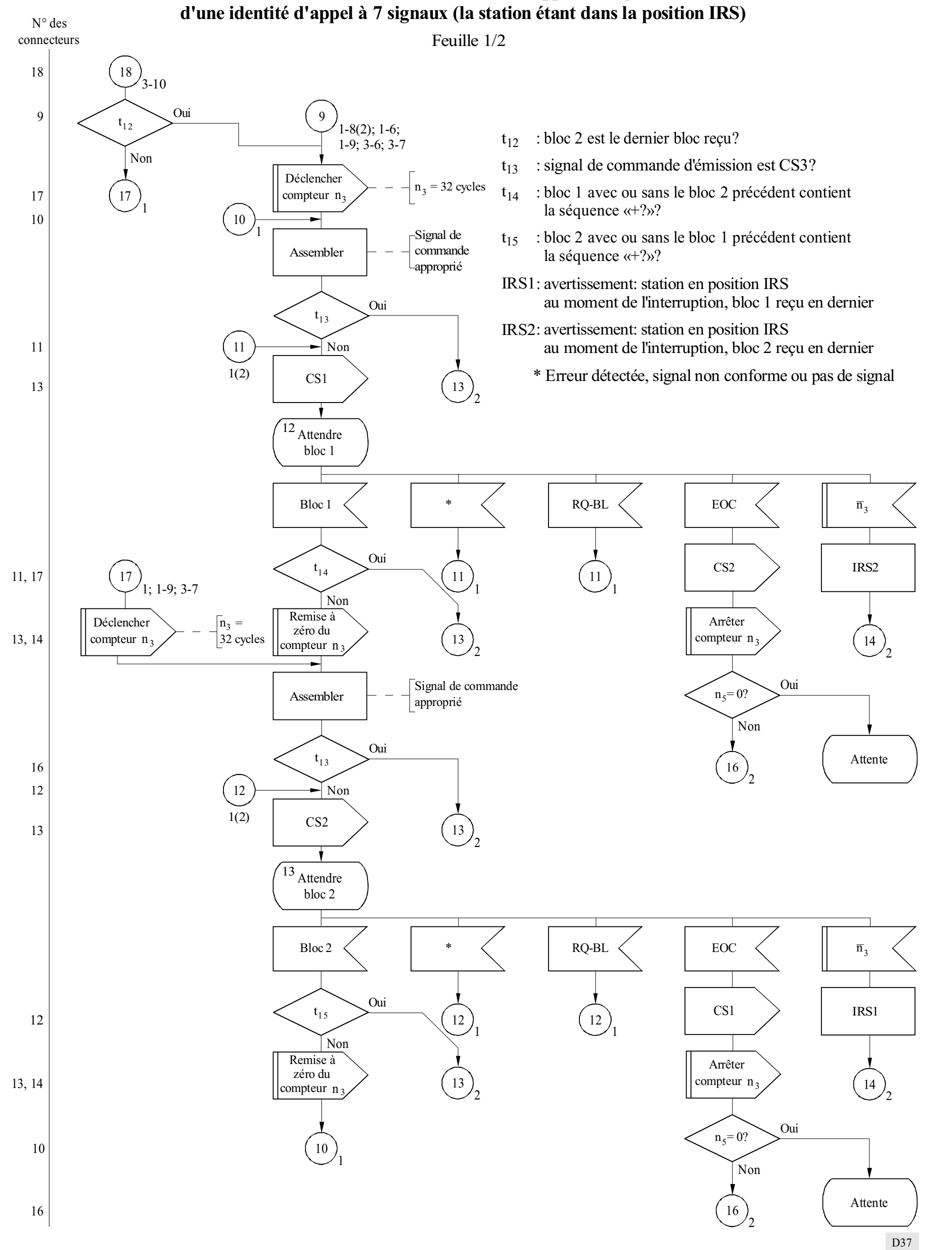
* Erreur détectée, signal non conforme ou pas de signal

D36

APPENDICE 11

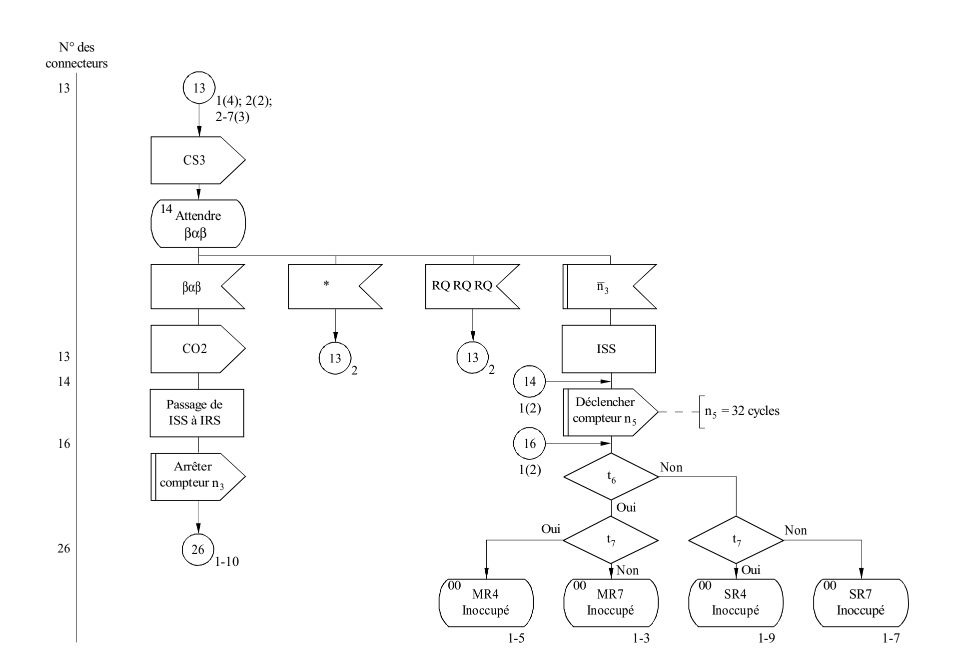
Circulation du trafic dans le cas d'une identité d'appel à 4 signaux et dans le cas d'une identité d'appel à 7 signaux (la station étant dans la position IRS)

Feuille 1/2



APPENDICE 11

Feuille 2/2



t_6 : station est une station maîtresse?

t_7 : station fonctionne dans le cas d'une identité d'appel à 4 signaux?

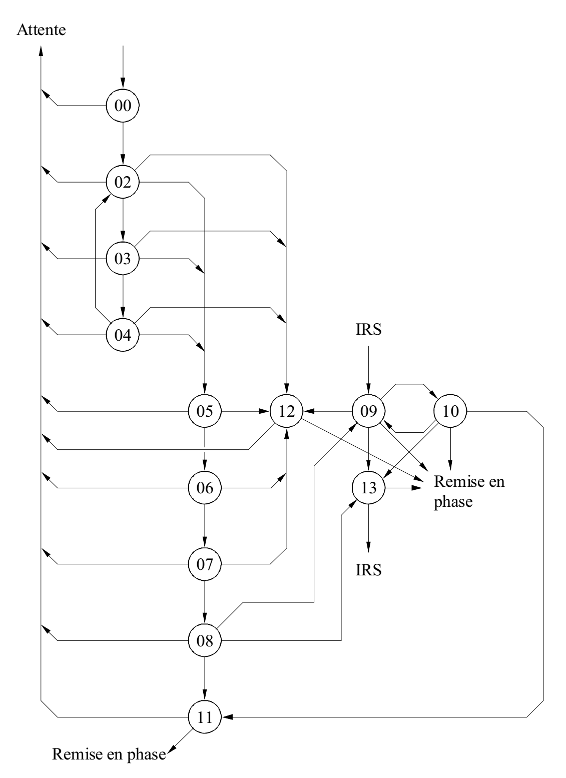
CO2: si IRS est:
- station maîtresse alors «RQ»
- station asservie alors «RQ RQ RQ»

* Erreur détectée, signal non conforme ou pas de signal

APPENDICE 12

Procédure de mise en phase avec identification automatique dans le cas d'une identité d'appel à 7 signaux (station appelante) et circulation du trafic si la station est dans la position ISS (Diagramme d'état)

Feuille 1/8

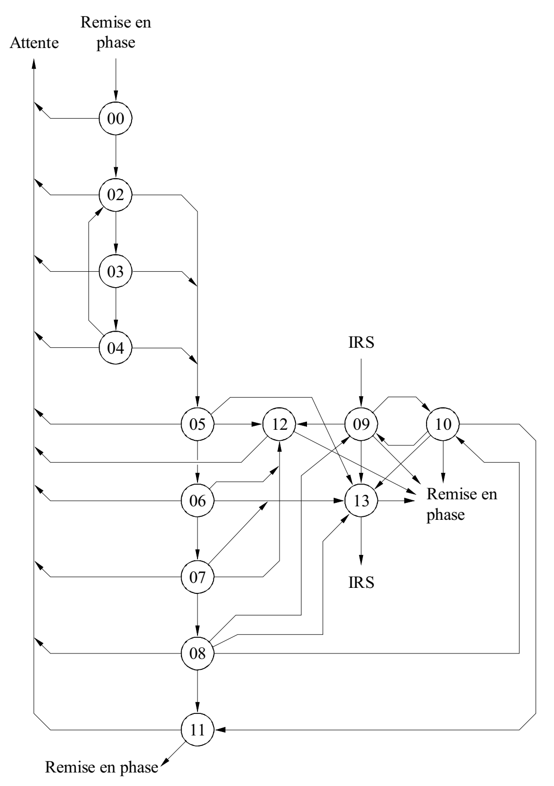


Numéro d'état	Description d'état	Référence feuille N°	Compteurs déclenchés	Compteurs de supervision
00	M7 Inoccupé	1-2	n_1	n_0 = 128 cycles
02	Attendre CS4	1-2	n_0	n_1 = 128 cycles
03	Attendre CS4	1-2	n_0	n_2 = 32 cycles
04	Attendre CS4	1-2	n_0	n_3 = 32 cycles
05	Attendre CK1	2-2	n_2	n_4 = 4 cycles
06	Attendre CK2	2-2	n_2	
07	Attendre CK3	2-2	n_2	
08	Attendre CS1	3-2	n_2	
09	Attendre CS2	1-10	n_3	
10	Attendre CS1	1-10	n_3	
11	Attendre CS2	2-10	n_4	
12	Attendre CS1	2-10	n_1, n_4	
13	Attendre changement de position	3-10	n_3	D39

APPENDICE 12

Procédure de remise en phase avec identification automatique dans le cas d'une identité d'appel à 7 signaux (station appelante) et circulation du trafic si la station est dans la position ISS (Diagramme d'état)

Feuille 2/8



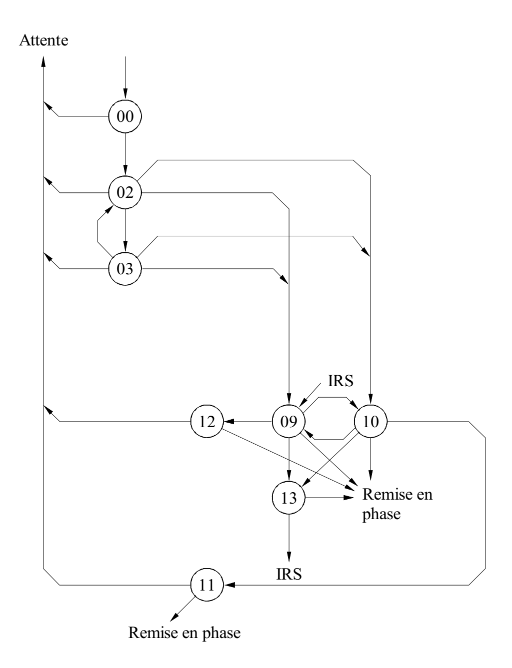
Numéro d'état	Description d'état	Référence feuille N°	Compteurs déclenchés	Compteurs de supervision
00	MR7 Inoccupé	1-3	n_5	n_1 = 128 cycles
02	Attendre CS5	1-3	n_5	n_2 = 32 cycles
03	Attendre CS5	1-3	n_5	n_3 = 32 cycles
04	Attendre CS5	1-3	n_5	n_4 = 4 cycles
05	Attendre CK1	2-3	n_2, n_5	n_5 = 32 cycles
06	Attendre CK2	2-3	n_2, n_5	
07	Attendre CK3	2-3	n_2, n_5	
08	Attendre CS1	3-3	n_2, n_5	
09	Attendre CS2	1-10	n_3, n_5	
10	Attendre CS1	1-10	n_3, n_5	
11	Attendre CS2	2-10	n_4, n_5	
12	Attendre CS1	2-10	n_1, n_4, n_5	
13	Attendre changement de position	3-10	n_3, n_5	

D40

APPENDICE 12

Procédure de mise en phase sans identification automatique dans le cas d'une identité d'appel à 4 signaux (station appelante) et circulation du trafic si la station est dans la position ISS (Diagramme d'état)

Feuille 3/8



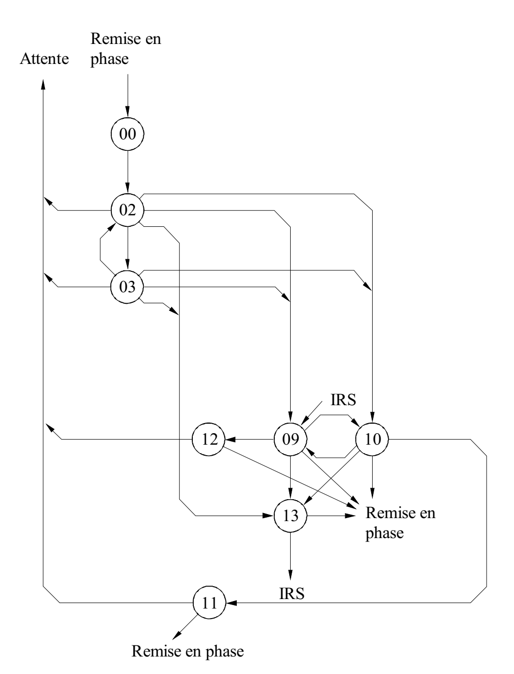
Numéro d'état	Description d'état	Référence feuille N°	Compteurs déclenchés	Compteurs de supervision
00	M4 Inoccupé	1- 4	n_1	n_0 = 128 cycles
02	Attendre CS1	1- 4	n_0	n_1 = 128 cycles
03	Attendre CS1	1- 4	n_0	n_3 = 32 cycles
09	Attendre CS2	1-10	n_3	n_4 = 4 cycles
10	Attendre CS1	1-10	n_3	
11	Attendre CS2	2-10	n_4	
12	Attendre CS1	2-10	n_1, n_4	
13	Attendre changement de position	3-10	n_3	

D41

APPENDICE 12

Procédure de remise en phase sans identification automatique dans le cas d'une identité d'appel à 4 signaux (station appelante) et circulation du trafic si la station est dans la position ISS (Diagramme d'état)

Feuille 4/8



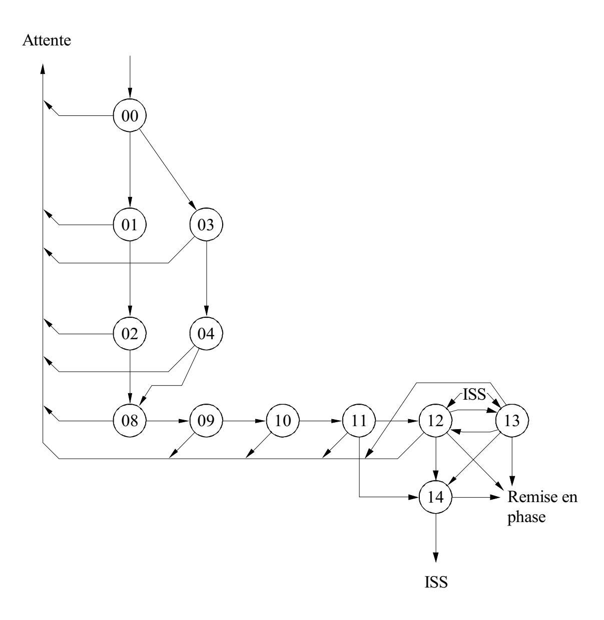
Numéro d'état	Description d'état	Référence feuille N°	Compteurs déclenchés	Compteurs de supervision
00	M4 Inoccupé	1-5	n_5	n_1 = 128 cycles
02	Attendre CS1	1-5	n_5	n_3 = 32 cycles
03	Attendre CS1	1-5	n_5	n_4 = 4 cycles
09	Attendre CS2	1-10	n_3	n_5 = 32 cycles
10	Attendre CS1	1-10	n_3	
11	Attendre CS2	2-10	n_4	
12	Attendre CS1	2-10	n_1, n_4	
13	Attendre changement de position	3-10	n_3	

D42

APPENDICE 12

Procédure de mise en phase avec identification automatique dans le cas d'une identité d'appel à 7 signaux (station appelée) et circulation du trafic si la station est dans la position IRS (Diagramme d'état)

Feuille 5/8



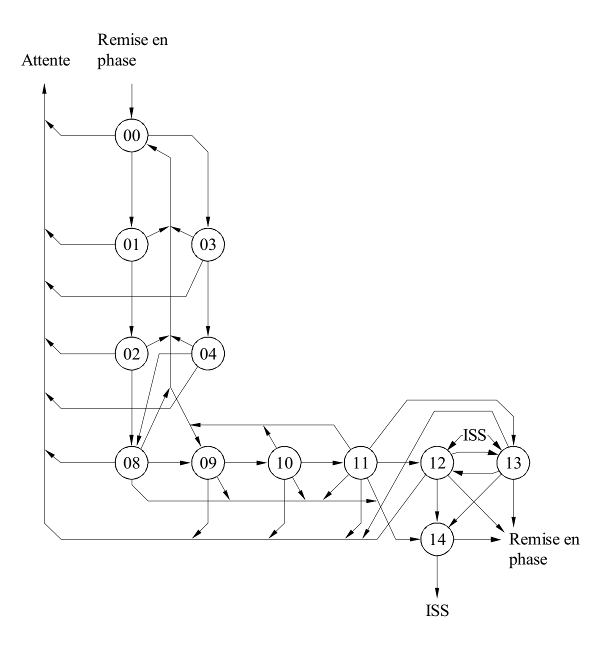
Numéro d'état	Description d'état	Référence feuille N°	Compteurs déclenchés	Compteurs de supervision
00	S7 Inoccupé	1-6		n_2 = 32 cycles
01	Attendre CB2	1-6		n_3 = 32 cycles
02	Attendre CB3	1-6		
03	Attendre CB3	1-6		
04	Attendre CB1	1-6		
08	Attendre ID1	2-6	n_2	
09	Attendre ID2	2-6	n_2	
10	Attendre ID3	2-6	n_2	
11	Attendre EOI	3-6	n_2	
12	Attendre bloc 1	1-11	n_3	
13	Attendre bloc 2	1-11	n_3	
14	Attendre βαβ	2-11	n_3	

D43

APPENDICE 12

Procédure de remise en phase avec identification automatique dans le cas d'une identité d'appel à 7 signaux (station appelée) et circulation du trafic si la station est dans la position IRS (Diagramme d'état)

Feuille 6/8



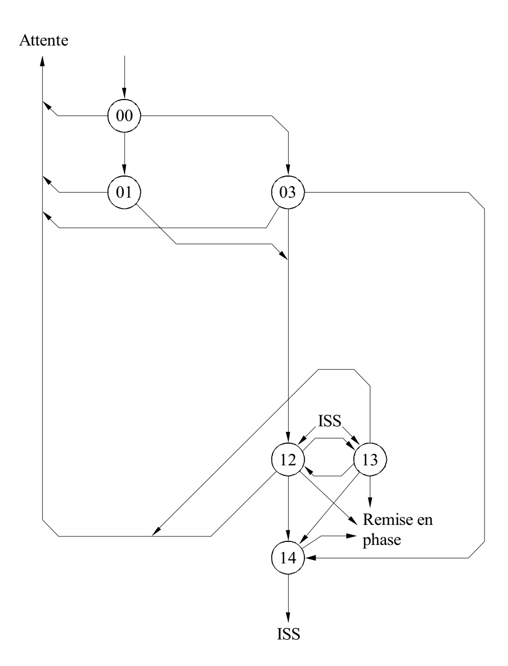
Numéro d'état	Description d'état	Référence feuille N°	Compteurs déclenchés	Compteurs de supervision
00	SR7 Inoccupé	1-7	n_5	n_2 = 32 cycles
01	Attendre CB2	1-7	n_5	n_3 = 32 cycles
02	Attendre CB3	1-7	n_5	n_5 = 32 cycles
03	Attendre CB3	1-7	n_5	
04	Attendre CB1	1-7	n_5	
08	Attendre ID1	2-7	n_2, n_5	
09	Attendre ID2	2-7	n_2, n_5	
10	Attendre ID3	2-7	n_2, n_5	
11	Attendre EOI	3-7	n_2, n_5	
12	Attendre bloc 1	1-11	n_3, n_5	
13	Attendre bloc 2	1-11	n_3, n_5	
14	Attendre βαβ	2-11	n_3, n_5	

D44

APPENDICE 12

Procédure de mise en phase sans identification automatique dans le cas d'une identité d'appel à 4 signaux (station appelée) et circulation du trafic si la station est dans la position IRS (Diagramme d'état)

Feuille 7/8



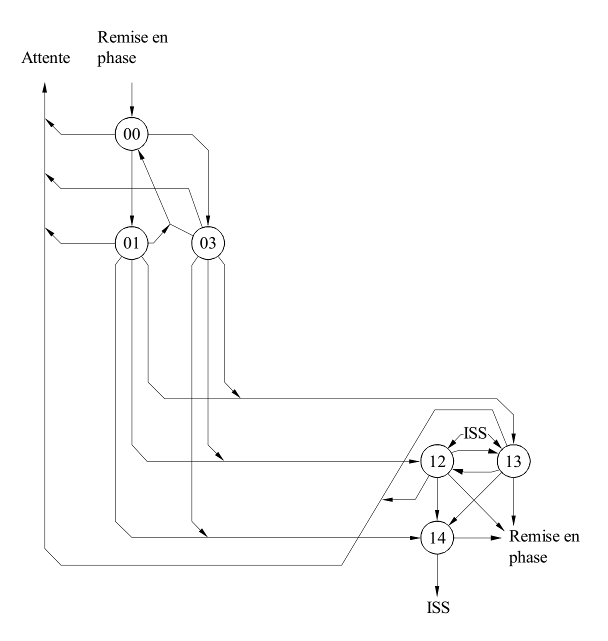
Numéro d'état	Description d'état	Référence feuille N°	Compteurs déclenchés	Compteurs de supervision
00	S4 Inoccupé	1-8		n_3 = 32 cycles
01	Attendre CB2	1-8		
03	Attendre CB1	1-8		
12	Attendre bloc 1	1-11	n_3	
13	Attendre bloc 2	1-11	n_3	
14	Attendre βαβ	2-11	n_3	

D45

APPENDICE 12

Procédure de remise en phase sans identification automatique dans le cas d'une identité d'appel à 4 signaux (station appelée) et circulation du trafic si la station est dans la position IRS (Diagramme d'état)

Feuille 8/8



Numéro d'état	Description d'état	Référence feuille N°	Compteurs déclenchés	Compteurs de supervision
00	SR4 Inoccupé	1-9	n_5	n_2 = 32 cycles
01	Attendre CB2	1-9	n_5	n_3 = 32 cycles
03	Attendre CB1	1-9	n_5	n_5 = 32 cycles
12	Attendre bloc 1	1-11	n_3, n_5	
13	Attendre bloc 2	1-11	n_3, n_5	
14	Attendre βαβ	2-11	n_3, n_5	

D46

RECOMMANDATION UIT-R M.633-4*

Caractéristiques de transmission d'un système de radiobalises de localisation des sinistres par satellite (RLS par satellite) fonctionnant par l'intermédiaire d'un système à satellites dans la bande des 406 MHz

(1986-1990-2000-2004-2010)

Champ d'application

On trouvera dans la présente Recommandation les caractéristiques de transmission d'un système de radiobalises de localisation des sinistres par satellite (RLS par satellite) fonctionnant dans la bande des 406 MHz.

L'Assemblée des radiocommunications de l'UIT,

considérant

a) que les RLS par satellite peuvent être utilisées pour l'alerte de détresse dans le cadre des services maritime, terrestre et aéronautique;

b) que les RLS par satellite ayant des caractéristiques communes peuvent être employées dans diverses conditions d'exploitation;

c) que les RLS par satellite constituent l'un des moyens d'alerte les plus importants du Système mondial de détresse et de sécurité en mer (SMDSM) de l'Organisation maritime internationale (OMI);

d) que tous les navires auxquels s'applique le Chapitre IV de la Convention internationale pour la sauvegarde de la vie humaine en mer (SOLAS), 1974, (telle que modifiée en 1988) sont tenus, conformément à la Règle IV/7.1.6, d'avoir à leur bord une RLS par satellite depuis le 1er août 1993;

e) que la Règle IV/7.1.6 de la Convention SOLAS prévoit que les navires doivent embarquer une RLS par satellite fonctionnant dans la bande des 406 MHz;

f) que tous les avions et hélicoptères auxquels s'appliquent les Parties I, II et III de l'Annexe 6 de la Convention relative à l'aviation civile internationale sont tenus d'embarquer au moins une balise RLS par satellite fonctionnant dans la bande des 406 MHz (désignée par le terme «émetteur de localisation d'urgence» (ELT) dans les documents de l'OACI),

notant

a) la disponibilité actuelle et prévue de satellites Cospas-Sarsat opérationnels en orbite;

b) la disponibilité actuelle et prévue du système au sol Cospas-Sarsat,

* La présente Recommandation doit être portée à l'attention de l'Organisation maritime internationale (OMI), de l'Organisation de l'aviation civile internationale (OACI), de l'Organisation internationale des télécommunications mobiles par satellite (IMSO) et du Secrétariat de Cospas-Sarsat.

recommande

1 que les caractéristiques de transmission et les formats de données d'une RLS par satellite fonctionnant dans la bande des 406 MHz par l'intermédiaire d'un système à satellites soient conformes au Document Cospas-Sarsat C/S T.001 (troisième édition, révision 10, octobre 2009), intitulé «Specification for 406 MHz Cospas-Sarsat Distress Beacons» (Spécifications des balises de détresse Cospas-Sarsat fonctionnant dans la bande des 406 MHz).

NOTE 1 – Pour recevoir gratuitement un exemplaire du Document C/S T.001 (troisième édition, révision 10, octobre 2009), s'adresser au Secrétariat de Cospas-Sarsat (e-mail: mail@cospas.sarsat.int) ou consulter le site Internet de Cospas-Sarsat (http://www.cospas-sarsat.org/).

RECOMMANDATION UIT-R S.672-4*

Diagramme de rayonnement à utiliser comme objectif de conception pour les antennes de satellite dans le service fixe par satellite employant des satellites géostationnaires

(1990-1992-1993-1995-1997)

L'Assemblée des radiocommunications de l'UIT,

considérant

a) que l'utilisation d'antennes de stations spatiales présentant les meilleurs diagrammes de rayonnement disponibles conduira à l'utilisation la plus rationnelle du spectre radioélectrique et de l'orbite des satellites géostationnaires;

b) que les stations spatiales en exploitation utilisent aussi bien des antennes elliptiques (ou circulaires) à alimentation unique que des antennes à faisceau conformé et à alimentation multiple;

c) que, bien que la conception des antennes de stations spatiales fasse actuellement l'objet d'améliorations, d'autres informations sont nécessaires avant que l'on puisse adopter un diagramme de rayonnement de référence aux fins de coordination;

d) que l'adoption d'un diagramme de rayonnement comme objectif de conception pour les antennes de stations spatiales encouragera la fabrication et l'emploi d'antennes permettant une utilisation rationnelle de l'orbite;

e) qu'il suffit, aux fins de coordination, de spécifier les caractéristiques de rayonnement des antennes des stations spatiales dans les directions du brouillage potentiel;

f) que, pour une application générale, les expressions mathématiques doivent être aussi simples que possible et compatibles avec des prédictions réalistes;

g) qu'il faut, néanmoins, que les expressions tiennent compte des caractéristiques des systèmes d'antennes réels et susceptibles d'être adaptés aux nouvelles technologies;

h) que la difficulté des mesures a entraîné des inexactitudes dans la modélisation des antennes de satellite pour les grands angles hors axe;

j) que les limitations de taille des lanceurs entraînent une limitation de la valeur du rapport D/λ des antennes de satellite, notamment aux fréquences inférieures, par exemple dans la bande des 6/4 GHz;

k) que les paramètres de rayonnement des antennes de stations spatiales comme le point de référence, la zone de couverture, le gain de crête équivalent, qui peuvent être utilisés pour définir un rayonnement de référence d'antenne de station spatiale, sont décrits dans l'Annexe 1;

l) que deux programmes de calcul ont été développés pour établir des contours de couverture (voir l'Annexe 2),

---

* La Commission d'études 4 des radiocommunications a apporté des modifications rédactionnelles à cette Recommandation en 2001 conformément aux dispositions de la Résolution UIT-R 44 (AR-2000).

recommande

1 que, pour les antennes d'engins spatiaux à alimentation unique et à faisceaux circulaires ou elliptiques du service fixe par satellite (SFS), le diagramme de rayonnement suivant soit utilisé comme objectif de conception, en dehors de la zone de couverture:

$$G(\psi) = G_m - 3\,(\psi / \psi_b)^{\alpha} \quad \text{dBi} \quad \text{pour} \quad \psi_b \le \psi \le a\,\psi_b \tag{1}$$

$$G(\psi) = G_m + L_N + 20 \log z \quad \text{dBi} \quad \text{pour} \quad a\,\psi_b < \psi \le 0{,}5 b\,\psi_b \tag{2a}$$

$$G(\psi) = G_m + L_N \quad \text{dBi} \quad \text{pour} \quad 0{,}5 b\,\psi_b < \psi \le b\,\psi_b \tag{2b}$$

$$G(\psi) = X - 25 \log \psi \quad \text{dBi} \quad \text{pour} \quad b\,\psi_b < \psi \le Y \tag{3}$$

$$G(\psi) = L_F \quad \text{dBi} \quad \text{pour} \quad Y < \psi \le 90° \tag{4a}$$

$$G(\psi) = L_B \quad \text{dBi} \quad \text{pour} \quad 90° < \psi \le 180° \tag{4b}$$

où:

$$X = G_m + L_N + 25 \log (b\,\psi_b) \qquad \text{et} \qquad Y = b\,\psi_b\ 10^{0{,}04 (G_m + L_N - L_F)}$$

$G(\psi)$: gain à l'angle ψ par rapport à la direction du faisceau principal (dBi)

G_m: gain maximal dans le lobe principal (dBi)

ψ_b: demi-ouverture du faisceau à 3 dB dans le plan considéré (3 dB en dessous de G_m) (degrés)

L_N: niveau du lobe latéral proche par rapport au gain de crête (dB) requis en raison de la conception du système

L_F = 0 dBi niveau du lobe latéral éloigné (dBi)

z: (grand axe/petit axe) pour le faisceau rayonné

L_B: 15 + L_N + 0,25 G_m + 5 log z dBi ou 0 dBi, quelle que soit la valeur la plus élevée.

NOTE 1 – Les diagrammes applicables aux faisceaux elliptiques doivent être vérifiés expérimentalement. Les valeurs de a dans le Tableau 1 sont donc provisoires.

TABLEAU 1

L_N (dB)	a	b	α
–20	$2{,}58\ \sqrt{(1 - \log z)}$	6,32	2
–25	$2{,}58\ \sqrt{(1 - 0{,}8 \log z)}$	6,32	2
–30	–	6,32	–

Les valeurs numériques de a, b et α pour les valeurs de L_N de –20 dB et –25 dB sont données dans le Tableau 1. La détermination de a et de α pour $L_N = -30$ dB nécessite des études complémentaires; il est demandé aux administrations de fournir des données pour que les valeurs de a et de α pour $L_N = -30$ dB puissent être déterminées;

2 que, pour des antennes d'engins spatiaux du SFS à faisceaux conformés et à alimentation multiple, le diagramme de rayonnement à utiliser comme objectif de conception soit choisi d'après les formules ci-après selon la classe d'antenne et la gamme des valeurs du rapport de balayage.

Définition des classes d'antennes

– Classe A:

Les antennes de la classe A sont celles dont l'axe de visée tombe à l'intérieur de la zone de couverture.

– Classe B:

Les antennes de la classe B sont celles dont l'axe de visée d'un ou de plusieurs des faisceaux tombe à l'extérieur des zones de couverture.

Définition du rapport de balayage

Il existe deux définitions du rapport de balayage:

Le rapport de balayage δ mentionné au § 2.1 est défini comme étant la distance angulaire entre le centre de la couverture (défini en tant que centre de l'ellipse de superficie minimale) et un point du bord de la couverture, divisé par l'ouverture angulaire du faisceau élémentaire.

Le rapport de balayage S utilisé aux § 2.2 et 2.3 est défini par la distance angulaire entre la ligne de visée de l'antenne et un point du bord de la couverture, divisé par l'ouverture angulaire du faisceau élémentaire.

Pour déterminer la partie du dispositif de la Recommandation qui s'applique à une antenne spécifique de la classe A, il convient d'utiliser d'abord la définition du rapport de balayage δ;

2.1 que, pour les antennes de la classe A et pour les valeurs du rapport de balayage $\delta \leq 3{,}5$:

$$G_{dBi}(\Delta\psi) = \begin{cases} G_{ep} + 0{,}256 - 13{,}065\left(\dfrac{\Delta\psi}{Q\,\psi_0} + 0{,}5\right)^2 & \text{pour} \quad 0 \leq \dfrac{\Delta\psi}{\psi_0} \leq 0{,}8904\,Q \\ G_{ep} - 25 & \text{pour} \quad 0{,}8904\,Q < \dfrac{\Delta\psi}{\psi_0} \leq 1{,}9244\,Q \\ G_{ep} - 25 + 20\log\left(\dfrac{1{,}9244\,Q\,\psi_0}{\Delta\psi}\right) & \text{pour} \quad 1{,}9244\,Q < \dfrac{\Delta\psi}{\psi_0} \leq 18/\psi_0 \end{cases}$$

où:

$\Delta\psi$: angle à partir du contour de la couverture convexe à un point situé en dehors de la région de couverture dans une direction perpendiculaire aux côtés du contour (degrés)

G_{ep}: gain de crête équivalent (dBi)

$= G_e + 3{,}0$

ψ_0: ouverture du faisceau à mi-puissance du faisceau élémentaire (degrés)

$= 72\,(\lambda/D)$

λ: longueur d'onde (m)

D: diamètre physique du réflecteur (m)

$$Q = 10^{\left(\frac{0{,}000075\,(\delta - 1/2)^2}{[(F/D_p)^2 + 0{,}02)]^2}\right)}$$

δ: rapport de balayage tel que défini au § 2

F/D_p: rapport entre la longueur focale du réflecteur F et le diamètre de la parabole D_p

$D_p = 2(d + h)$

d: diamètre prévu de l'ouverture du paraboloïde excentré

h: hauteur décalée par rapport au bord du réflecteur;

2.2 que, pour les antennes de la classe A et pour les valeurs du rapport de balayage $S \geq 5$:

$$G_{dBi}(\Delta\psi) = \begin{cases} G_e - B\left[\left(1 + \dfrac{\Delta\psi}{\psi_b}\right)^2 - 1\right] & \text{pour} \quad 0^\circ \leq \Delta\psi \leq C\,\psi_b \\ G_e - 22 & \text{pour} \quad C\,\psi_b < \Delta\psi \leq (C + 4{,}5)\,\psi_b \\ G_e - 22 + 20\log_{10}\left[\dfrac{(C + 4{,}5)\,\psi_b}{\Delta\psi}\right] & \text{pour} \quad (C + 4{,}5)\,\psi_b < \Delta\psi \leq 18^\circ \end{cases}$$

où:

$\Delta\psi$: angle à partir du contour de la couverture convexe dans une direction perpendiculaire aux côtés du contour (degrés)

G_e: gain au bord de la couverture (dBi)

$B = B_0 - (S - 1{,}25)\,\Delta B$ pour $S \geq 5$

$B_0 = 2{,}05 + 0{,}5\,(F/D - 1) + 0{,}0025\,D/\lambda$

$\Delta B = 1{,}65\,(D/\lambda)^{-0{,}55}$

ψ_b: rayon du petit faisceau

$= 36\,\lambda/D$

λ: longueur d'onde (m)

D: diamètre physique du réflecteur (m)

$$C = \sqrt{1 + \frac{22}{B}} - 1$$

S: rapport de balayage tel que défini au § 2

F/D: rapport entre la longueur focale et le diamètre physique de l'antenne;

2.3 que, pour les antennes de la classe B pour lesquelles seulement le rapport de balayage S ($S \geq 0$) est utilisé:

$$G_{dBi}(\Delta\psi) = \begin{cases} G_e - B\left[\left(1 + \dfrac{\Delta\psi}{\psi_b}\right)^2 - 1\right] & \text{pour} \quad 0^\circ \leq \Delta\psi \leq C\,\psi_b \\ G_e - 17 + 18{,}7012\log_{10}\left(\cos\left[\dfrac{\Delta\psi - C\,\psi_b}{\psi_b}\right]\right) & \text{pour} \quad C\,\psi_b < \Delta\psi \leq (C + 1)\,\psi_b \\ G_e - 22 & \text{pour} \quad (C + 1)\,\psi_b < \Delta\psi \leq (C + 4{,}5)\,\psi_b \\ G_e - 22 + 20\log_{10}\left[\dfrac{(C + 4{,}5)\psi_b}{\Delta\psi}\right] & \text{pour} \quad (C + 4{,}5)\,\psi_b < \Delta\psi \leq 18^\circ \end{cases}$$

où:

$\Delta\psi$: angle à partir du contour de la couverture convexe dans une direction perpendiculaire aux côtés du contour (degrés)

G_e: gain au bord de la couverture (dBi)

$B = B_0 - (S - 1{,}25)\,\Delta B$ pour $S \geq 0$

$B_0 = 2{,}05 + 0{,}5\,(F/D - 1) + 0{,}0025\,D/\lambda$

$\Delta B = 1{,}65\,(D/\lambda)^{-0{,}55}$

ψ_b: rayon du petit faisceau

$= 36\ \lambda/D$

λ: longueur d'onde (m)

D: diamètre physique du réflecteur (m)

$$C = \sqrt{1 + \frac{17}{B}} - 1$$

S: rapport de balayage tel que défini au § 2

F/D: rapport entre la longueur focale et le diamètre physique de l'antenne;

2.4 que, pour les antennes de la classe A pour lesquelles les valeurs des rapports de balayage sont telles que $\delta > 3{,}5$ et $S < 5$, l'objectif de conception est toujours à l'étude. En particulier, il est nécessaire d'étudier l'extension de l'application des formules présentées aux § 2.1 et 2.2 à cette région. Une méthode permettant d'étendre l'objectif de conception à cette région est présentée dans l'Annexe 1. Pour la définition des rapports de balayage δ et S et leurs applications, voir le § 2;

2.5 que les Notes suivantes soient considérées comme faisant partie des § 2.1 et 2.2:

NOTE 1 – La zone de couverture est définie par le contour tracé à partir des points du polygone qui entoure la zone de service suivant la méthode présentée dans l'Annexe 2.

NOTE 2 – Pour les coupes, où le contour de gain de –3 dB est extérieur au contour de la couverture tracé, le diagramme utilisé comme objectif de conception doit provenir du contour de gain à –3 dB.

NOTE 3 – La présente Recommandation doit s'appliquer uniquement dans la direction d'un système sensible au brouillage. Autrement dit, il n'est pas nécessaire de l'appliquer dans les directions où il n'existe pas de risque de brouillage pour d'autres réseaux (par exemple, à l'extérieur du bord de la Terre, dans les régions océaniques inhabitées). 10% des coupes pourraient ne pas respecter le diagramme préconisé.

NOTE 4 – La présente Recommandation ne s'applique pas aux antennes à double fréquence. Les antennes qui utilisent la distorsion en phase induite par le réflecteur pour élargir le faisceau font partie de cette catégorie et doivent faire l'objet d'un complément d'étude.

ANNEXE 1

Diagrammes de rayonnement des antennes dans le service fixe par satellite

1 Diagrammes de rayonnement de référence des antennes de satellite

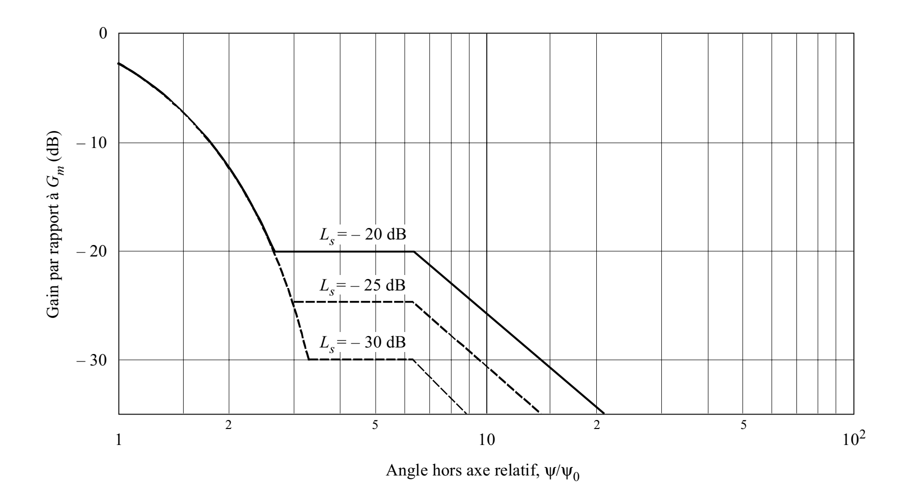
1.1 Faisceaux circulaires à alimentation unique

Le diagramme de rayonnement d'une antenne de satellite est aussi important dans la région du lobe principal que dans celle des lobes latéraux les plus éloignés; les diagrammes possibles commencent à partir du contour à –3 dB du lobe principal et sont divisés en quatre régions qui sont illustrées dans la Fig. 1.

Toutefois, des difficultés ont surgi lorsqu'on a essayé d'appliquer ce diagramme à un faisceau non circulaire. Les administrations sont donc invitées à présenter des diagrammes de rayonnement mesurés avec des faisceaux plus complexes que de simples faisceaux circulaires.

FIGURE 1

Fonctions de l'enveloppe du diagramme de rayonnement



$G(\psi) = G_m - 3\,(\psi/\psi_0)^2$	dBi	pour	$\psi_0 \leq \psi \leq a\,\psi_0$	(I)
$G(\psi) = G_m + L_s$	dBi	pour	$a\,\psi_0 < \psi \leq b\,\psi_0$	(II)
$G(\psi) = G_m + L_s + 20 - 25 \log(\psi/\psi_0)$	dBi	pour	$b\,\psi_0 < \psi \leq \psi_1$	(III)
$G(\psi) = 0$	dBi	pour	$\psi_1 < \psi$	(IV)

où:

$G(\psi)$: gain correspondant à l'angle ψ par rapport à l'axe du faisceau (dBi)

G_m: gain maximal dans le lobe principal (dBi)

ψ_0: moitié de l'ouverture du faisceau à 3 dB dans le plan considéré (3 dB en dessous de G_m) (degrés)

ψ_1: valeur de ψ lorsque $G(\psi)$ dans l'équation (III) est égal à 0 dBi

L_s: niveau du lobe latéral proche requis (dB), par rapport au gain maximal

a, b: valeurs numériques ci-après:

L_s	a	b
– 20	2,58	6,32
– 25	2,88	6,32
– 30	3,16	6,32

0672-01

1.2 Faisceaux elliptiques à alimentation unique

Les expressions données dans la Fig. 1 définissent une enveloppe maximale pour les premiers lobes latéraux à un niveau de –20 dB par rapport à la valeur de crête du gain et ce diagramme s'applique aux antennes de conception assez simple. Toutefois, afin de mieux utiliser la capacité de l'orbite, il peut être souhaitable d'abaisser ce niveau à –30 dB et d'employer des antennes de conception plus élaborée. Le diagramme adopté par la Conférence administrative mondiale des radiocommunications pour la radiodiffusion par satellite (Genève, 1977) (CAMR RS-77) pour les antennes de satellite de radiodiffusion satisfait à la demande ci-dessus et est réalisé à l'heure actuelle: il devrait

donc s'appliquer dans ce cas. D'autres études seront peut-être nécessaires pour évaluer la possibilité de réaliser dans la pratique de telles réductions de niveaux dans les lobes latéraux, en particulier dans les bandes des 6/4 GHz.

1.3 Faisceaux conformés à alimentation multiple

Un diagramme semblable applicable aux faisceaux conformés doit être basé sur l'analyse de plusieurs faisceaux conformés et aussi sur des considérations théoriques. On doit spécifier des caractéristiques supplémentaires telles que le diamètre du petit faisceau élémentaire et le niveau du premier lobe latéral. En outre, la section et la manière de mesurer les angles font partie de la définition du diagramme.

Lorsqu'on établit ce diagramme de référence, l'important est d'obtenir la discrimination à partir de la limite de couverture de tous les types d'antenne y compris les antennes à faisceau conformé les plus complexes en fonction de la séparation angulaire des zones de couverture, vue de l'orbite. Le diagramme de rayonnement d'une antenne à faisceau conformé est unique et est principalement déterminé par les facteurs opérationnels et techniques suivants:

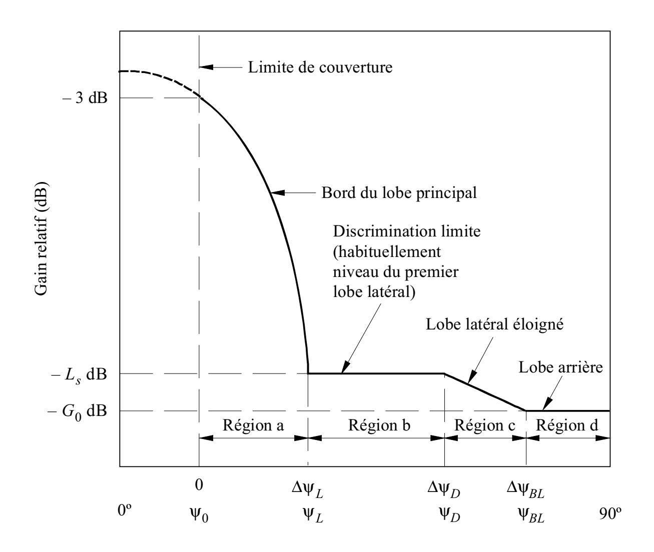
– forme de la zone de couverture,
– longitude du satellite,
– ouverture maximale de l'antenne,
– réalisation de l'alimentation et décroissance progressive de l'illumination,
– diamètre de l'ouverture du réflecteur normalisé (D/λ),
– rapport de la distance focale au diamètre de l'ouverture (F/D),
– nombre de réutilisations des fréquences et d'accès de faisceaux indépendants,
– nombre d'éléments d'alimentation utilisés,
– largeurs de bande,
– besoin de polarisation orthogonale,
– région de couverture angulaire totale assurée,
– stabilité des excitations en phase et en amplitude de l'élément d'alimentation,
– nécessités de reconfiguration,
– nombre de positions orbitales à partir desquelles on doit assurer les couvertures du faisceau,
– tolérances de surface du réflecteur obtenues,
– pointage du faisceau (par exemple: positionnement du faisceau dépendant du satellite ou positionnement du faisceau indépendant grâce à des balises de poursuite situées au sol),
– dégradations des éléments du faisceau dues aux aberrations de balayage qui dépendent du réflecteur ou de la forme de l'antenne dans le cas envisagé (par exemple: réflecteur unique, réflecteur double, système de réflecteur conformé sans axe focal, réseau rayonnant directement, etc.).

En raison de ce qu'on vient d'énumérer, il peut y avoir des difficultés à mettre au point un diagramme de référence unique pour les antennes à faisceau conformé.

Le diagramme de référence de la Fig. 1 n'est pas satisfaisant pour des antennes à faisceau conformé étant donné qu'un paramètre clé du diagramme de référence est ψ_0, la demi-ouverture à –3 dB, tandis que le centre d'un faisceau conformé est mal défini et ne correspond pas du tout à la réponse hors faisceau. Un diagramme de référence simple comprenant quatre segments, comme indiqué sur la Fig. 2, pourrait être plus satisfaisant comme modèle de diagramme de référence. La pente du bord de ce diagramme serait fonction de la distance angulaire à l'extérieur du contour de couverture.

FIGURE 2

Forme possible d'un diagramme de rayonnement de référence



La direction particulière dans laquelle il faut mesurer cette distance angulaire est également un paramètre à définir. Une méthode consiste à mesurer cet angle perpendiculairement au contour de gain constant qui est le plus près de la zone de couverture. Des difficultés surgissent avec cette méthode lorsque des sections des contours de gain sont concaves, comme c'est le cas avec des diagrammes en forme de croissant. Pour ce type de diagramme, la direction perpendiculaire au contour pourrait intercepter à nouveau la zone de couverture. Du point de vue de la conception de l'antenne, la difficulté pour obtenir une discrimination satisfaisante dans la portion concave d'un diagramme augmente avec le degré de concavité. Une autre méthode, qui pourrait permettre de remédier à ces problèmes, consiste à limiter la zone de couverture par un contour qui ne présente pas de concavité et à mesurer ensuite les angles perpendiculairement à partir de ce contour, celui-ci étant considéré comme la limite de couverture. D'autres méthodes permettant de définir la direction dans laquelle il faut faire les mesures sont possibles; ainsi, le centre d'une ellipse de délimitation pourrait être utilisé comme point de référence (voir les § 2.1 et 2.2), mais une définition claire est nécessaire pour un diagramme de référence quelconque.

Une fois la direction définie, les diagrammes de rayonnement peuvent être divisés en quatre régions présentant un intérêt:

Région a: Bord du lobe principal (bord de la couverture par rapport à l'angle de discrimination limite)

Cette région est censée correspondre à ce que l'on considère être les régions de couverture adjacentes. La discrimination nécessaire entre réseaux à satellites pourrait être obtenue à partir d'une combinaison de la discrimination d'antenne de satellite et de la séparation orbitale.

Une fonction simple qui pourrait être appliquée à cette région pourrait être semblable à celle indiquée dans l'équation (I) de la Fig. 1.

Région b: Région de couverture non adjacente

Cette région commence là où le diagramme de rayonnement offre une discrimination suffisante pour permettre à des satellites occupant presque la même position, de desservir des zones non adjacentes ($\Delta\psi_L$ dans la Fig. 2). La discrimination limite (L_s) serait comprise entre –20 et –30 dB.

Région c: Région des lobes latéraux éloignés

Région d: Région du lobe arrière

Chacune de ces régions est occupée par les lobes latéraux d'ordre élevé; on la prend en considération dans le cas où les zones de service sont très éloignées les unes des autres et, pour les bandes de fréquences utilisées dans les deux sens, pour des parties de l'orbite. Dans ce dernier cas, il faut prendre des précautions quand on considère de très grands angles hors axe, car des effets importants peuvent être produits par des réflexions imprévisibles sur la plate-forme de l'engin spatial et par le débordement sur le réflecteur principal. En attendant d'avoir de plus amples renseignements, il est suggéré de prévoir une enveloppe de gain minimal de 0 dBi (Région d dans la Fig. 2).

2 Modèles de diagramme de rayonnement d'antenne à faisceau conformé

Aux fins de modélisation des faisceaux conformés, avant la conception réelle de l'antenne, il est possible d'utiliser un diagramme de référence simplifié. Deux modèles qui peuvent produire ces diagrammes ainsi que les paramètres associés sont présentés ci-après. Ces deux modèles conviennent aux études du brouillage assistées par ordinateur ainsi qu'aux applications manuelles en utilisant des cartes centrées sur le satellite. Ils servent de base pour la recommandation d'un ou plusieurs diagrammes. Toutefois, il serait souhaitable d'appliquer les «coupes des diagrammes» ainsi obtenues seulement dans la direction d'un système sensible au brouillage, c'est-à-dire que ces coupes ne devraient pas être appliquées dans des directions où le potentiel de brouillage pour d'autres réseaux est inexistant (par exemple, hors du contour de la Terre, régions océaniques non peuplées, etc.).

2.1 Représentation d'une zone de couverture

Diverses méthodes ont été proposées dans le passé pour représenter la zone de service des antennes du SFS. L'une d'elles consiste à mesurer la distance angulaire à l'extérieur de la zone de couverture dans une direction normale à la topologie de la zone de service (contour de gain constant) telle qu'elle est vue depuis le satellite. Dans la pratique, le contour de gain est conçu pour s'adapter à la zone de service aussi étroitement que possible et en conséquence, il devrait y avoir très peu de différence, que l'on utilise la zone de service ou le contour de gain constant. Toutefois, cette méthode pose des problèmes dans le cas où certaines parties des contours de gain sont concaves, par exemple, avec les diagrammes en forme de croissant. Pour ces diagrammes, la direction normale loin du contour pourrait couper à nouveau la zone de couverture, ce qui provoquerait une certaine ambiguïté (Fig. 3a)). L'autre problème que pose cette représentation est que, pour un emplacement donné à l'extérieur de la zone de couverture, il pourrait y avoir plus d'un point de la zone de service pour lequel la ligne reliant le point d'observation au point de la zone de service, est perpendiculaire au contour de la zone de service en ce point (Fig. 3a)).

Toutefois, une méthode qui permet de contourner les difficultés dont il est fait état plus haut a été mise au point. Elle est basée sur des mesures angulaires perpendiculaires à la zone de couverture et aux diagrammes contenant des parties concaves. Cette méthode fait appel à un certain nombre de constructions graphiques; elle est décrite sous la forme de procédures, par étapes, dans l'Annexe 2.

En outre, ces procédures peuvent être simplifiées au moyen de contours de couverture uniquement convexes. Pour réaliser ces contours, on a suivi la méthode décrite à l'Annexe 2, si ce n'est que seuls les angles convexes, c'est-à-dire ceux où le cercle se trouve à l'intérieur du contour, sont pris en compte. Le contour de couverture qui en résulte est illustré à la Fig. 3b).

Une autre méthode permettant de représenter des diagrammes de faisceaux conformés consiste à circonscrire la zone effective de couverture par une ellipse de superficie minimale. La distance angulaire est mesurée depuis le bord de l'ellipse perpendiculairement à sa périphérie. L'avantage de cette méthode est qu'il est relativement facile d'établir des logiciels très efficaces pour définir la procédure servant à la mesure des angles. Toutefois, cette représentation a tendance à surestimer considérablement la zone définie par la zone de service effective.

Une autre méthode est une méthode mixte qui permet de représenter sans équivoque la zone de couverture d'une antenne à faisceau conformé. On utilise une ellipse, dont la surface est la plus réduite possible, circonscrite à la couverture géographique pour définir le centre dans la zone de couverture. Ce centre ne représente pas nécessairement le centre du faisceau; on ne l'utilise que pour déterminer l'axe des coupes du faisceau. Hormis la détermination du centre de la zone de couverture, cette ellipse minimale n'a pas d'autre utilité.

On utilise ensuite un polygone convexe pour définir les limites de la zone de couverture. Le nombre de côtés formant le polygone est déterminé sur la base de deux critères: il doit circonscrire la zone de couverture de la manière la plus serrée possible et il doit être de forme convexe. Un exemple typique de représentation de la zone de service est montré à la Fig. 3c).

Pour un emplacement d'observation situé à l'extérieur de la zone de couverture, la direction d'application du gabarit et les distances angulaires sont définies sans aucune ambiguïté par rapport au centre de la zone de couverture. Toutefois, cette méthode sous-estime en général l'espacement angulaire entre les contours de gain à l'extérieur de la zone de couverture lorsque l'angle du radial par rapport au contour de couverture s'écarte sensiblement de la perpendiculaire.

En résumé, il semblerait que la méthode la plus acceptable, tant du point de vue de la précision que de la facilité de construction, soit celle du contour de couverture uniquement convexe, la distance angulaire étant mesurée perpendiculairement aux bords du contour, comme le montre la Fig. 3b).

2.2 Gain de crête équivalent

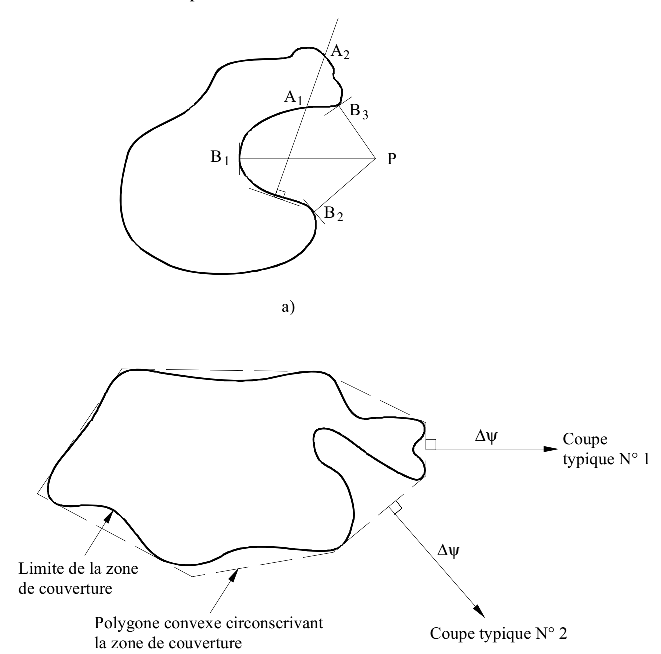
Dans les cas où il n'est pas nécessaire d'adapter le faisceau pour compenser les variations des conditions de propagation sur l'étendue de la zone de service, on considère que le gain minimal sur la zone de couverture, obtenu sur le contour de cette zone, est inférieur de 3 dB au gain de crête équivalent (G_{ep}). Dans la pratique, le gain de crête effectif peut être supérieur ou inférieur au gain de crête équivalent et il n'est pas forcément obtenu sur l'axe.

Dans certains cas, les conditions de propagation pourraient varier considérablement sur la zone de service, ou les exigences du service pourraient justifier un ajustement spécial du faisceau dans cette zone. En pareils cas, on calcule le gain relatif minimal nécessaire (par rapport au gain moyen sur le contour de la zone de couverture) à chaque sommet du polygone, et on peut ensuite appliquer une interpolation linéaire (en azimut à partir de l'axe du faisceau) pour déterminer le gain relatif dans les azimuts intermédiaires. Dans cette situation, le gain sur le contour de la zone de couverture dépend de la direction.

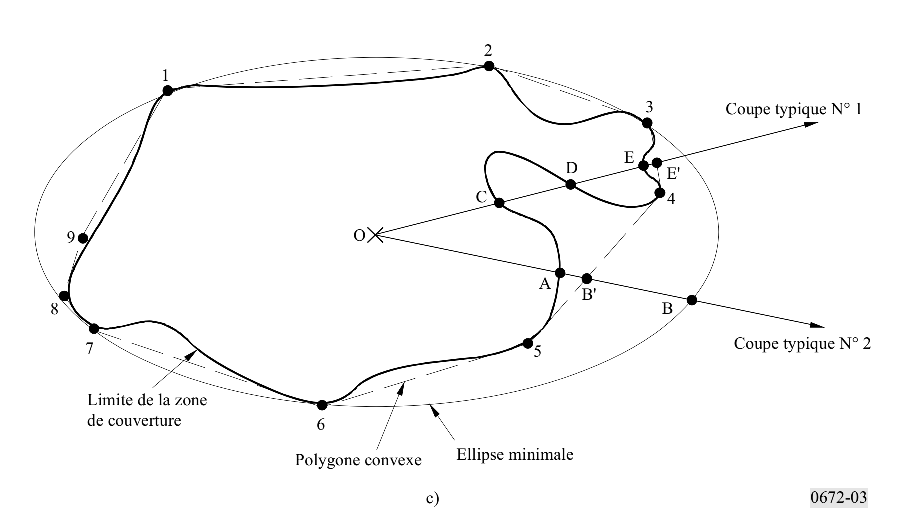
Il faut noter que, pour un faisceau conformé, la variation du gain dans la zone de couverture n'est pas liée à sa décroissance progressive au-delà de la limite de couverture. La qualité opérationnelle de l'antenne dans la zone de couverture, y compris au point de vue du gain, n'est pas liée au brouillage introduit dans les systèmes adjacents. La variation du gain dans la zone de couverture ne doit donc pas nécessairement être précisée dans les diagrammes de référence du faisceau conformé.

FIGURE 3

Différentes représentations de la zone de couverture



b) Mesure de l'angle Δψ à partir du contour de couverture (convexe)



c)

0672-03

2.3 Taille des petits faisceaux élémentaires

Les niveaux dans les lobes latéraux sont déterminés par la fonction d'illumination de l'ouverture. Considérons une loi d'illumination de la forme:

$$f(x) = \cos^N \left(\frac{\pi}{2} \cdot x \right) \qquad |x| \leq 1 \tag{5}$$

Cette fonction s'annule sur le bord de l'ouverture pour $N > 0$. Le rayon du petit faisceau élémentaire, en fonction du niveau dans les lobes latéraux (dB) et du rapport D/λ, est donné en première approximation, dans l'intervalle considéré, par l'expression:

$$\psi_b = (16{,}56 - 0{,}775\, L_s)\, \lambda/D \qquad \text{degrés} \tag{6}$$

où L_s désigne le niveau relatif dans le premier lobe latéral (dB).

Cette expression illustre le compromis que l'on fait entre le diamètre d'antenne, le niveau dans les lobes latéraux et la pente de l'enveloppe du lobe principal. On l'a établie à partir de résultats de mesure pour différents niveaux de lobes latéraux. Cette relation a servi de point de départ aux modèles décrits ci-dessous.

2.4 Elaboration de modèles de diagramme de référence copolaire

On trouvera dans ce paragraphe la description de diagrammes copolaires généralisés pour les futures antennes à faisceau conformé. Ils ont été établis sur la base de mesures faites sur plusieurs antennes de ce type (Brazilsat, Anik-C, Anik-E, TDRSS, Intelsat-V, G-Star, Intelsat-VI, Intelsat-VII, Cobra) et d'après des considérations théoriques.

Les modèles antérieurs ne semblent pas avoir quantifié les effets d'élargissement du faisceau. Les modèles décrits dans ce paragraphe correspondent à deux méthodes distinctes permettant de tenir compte de ces effets, ce qui est essentiel pour prévoir avec précision la performance de l'antenne à faisceau conformé.

2.4.1 Premier modèle

Le diagramme d'antenne à faisceau conformé décrit dans le présent paragraphe est défini en fonction de paramètres primaires et secondaires. Les paramètres primaires sont la taille du petit faisceau secondaire, la largeur de la zone de couverture dans la direction voulue et le niveau de crête des lobes latéraux. Les paramètres secondaires sont les paramètres d'occultation, la déviation à la surface et le nombre de faisceaux de balayage. Les paramètres secondaires ont pour effet, en ce qui concerne le rayonnement de l'antenne, d'élargir le faisceau principal et d'accroître le niveau des lobes latéraux. Bien que le paramètre dominant en ce qui concerne l'élargissement du faisceau soit le nombre de faisceaux de balayage, l'effet des deux autres paramètres est donné ici par souci d'exhaustivité. Toutefois, l'effet de l'occultation sur le niveau des lobes latéraux ne doit pas être négligé. Il est en effet vrai que, en raison de limitations pratiques, même si, au niveau de la conception d'une antenne de satellite on exige le maintien de critères exempts d'occultation, il existe normalement une faible occultation aux bords, en particulier pour les antennes rectilignes à double polarisation employant une ouverture commune, comme c'est le cas des réflecteurs à double grille utilisés pour Anik-E, G-Star, Anik-C, Brazilsat, etc. Cela est dû à l'espacement requis entre les centres des deux réflecteurs qui se chevauchent aux fins de l'isolation et du volume nécessaire pour tenir compte de deux jeux de cornets.

Dans les régions des lobes latéraux éloignés, on possède très peu de données mesurées pour pouvoir élaborer un modèle. Les réflexions sur la structure de l'engin spatial, les débordements du réseau d'alimentation et le rayonnement direct des groupes d'alimentation peuvent introduire des incertitudes pour les grands angles hors axe et peuvent réduire à néant les raisonnements théoriques.

Il est aussi extrêmement difficile de faire des mesures dans cette région; il faudra donc poursuivre l'étude si l'on veut que le modèle inspire confiance pour des applications dans cette région. Dans l'intervalle, il est suggéré d'introduire un palier de gain minimal de 0 dBi.

Il convient de noter que le diagramme proposé s'applique uniquement dans les directions où la valeur du niveau des lobes latéraux est à considérer. Dans des directions non critiques – par exemple vers les océans, au-delà du bord de la Terre ou dans toute direction où il n'y a pas de problème de brouillage – ce diagramme ne constitue pas forcément un modèle représentatif.

Modèle copolaire général N° 1

Il est proposé d'utiliser le modèle suivant à trois segments qui représente l'enveloppe du diagramme de rayonnement d'une antenne de satellite à faisceau conformé en dehors de la zone de couverture:

Bord du lobe principal:

$$G_{dBi}(\Delta\psi) = G_{ep} + U - 4V\left(\frac{\Delta\psi}{Q\,\psi_0} + 0{,}5\right)^2 \qquad \text{pour} \qquad 0 \le \Delta\psi \le W \cdot Q \cdot \psi_0$$

Région des premiers lobes latéraux:

$$G_{dBi}(\Delta\psi) = G_{ep} + SL \qquad \text{pour} \quad W \cdot Q \cdot \psi_0 \le \Delta\psi \le Z \cdot Q \cdot \psi_0$$

Région des lobes latéraux éloignés:

$$G_{dBi}(\Delta\psi) = G_{ep} + SL + 20 \log (Z \cdot Q \cdot \psi_0 / \Delta\psi) \qquad \text{pour} \qquad Z \le \Delta\psi \le 18$$

où:

$\Delta\psi$: angle par rapport au bord de la zone de couverture (degrés)

$G_{dBi}(\Delta\psi)$: gain à $\Delta\psi$ (dBi)

G_{ep}: gain de crête équivalent

$G_{ep} = G_e + 3{,}0$ (dBi)

ψ_0: diamètre à demi-puissance du faisceau élémentaire (degrés)

$\psi_0 \approx (33{,}12 - 1{,}55\,SL)\,\lambda/D$

λ: longueur d'onde (m)

D: diamètre du réflecteur (m)

SL: niveau des lobes latéraux par rapport au niveau de crête (dB)

$U = 10 \log A$, $V = 4{,}3429\,B$ sont les principaux paramètres de faisceau

$B = [\ln (0{,}5/10^{0{,}1SL})] / [[(16{,}30 - 3{,}345\,SL) / (16{,}56 - 0{,}775\,SL)]^2 - 1]$

$A = 0{,}5 \exp(B)$

$W = (-0{,}26 - 2{,}57\,SL) / (33{,}12 - 1{,}55\,SL)$

$Z = (77{,}18 - 2{,}445\,SL) / (33{,}12 - 1{,}55\,SL)$

Q: facteur d'élargissement du faisceau dû aux effets secondaires:

$$Q = \exp\,[(8\,\pi^2\,(\varepsilon/\lambda)^2] \cdot [\eta_i\,(\Delta)]^{-0{,}5} \cdot 10^{\left(\frac{0{,}000075\,(\delta - 1/2)^2}{[(F/D_p)^2 + 0{,}02]^2}\right)} \tag{7}$$

Les variables de l'équation (7) sont:

ε: valeur quadratique moyenne de l'erreur de surface

Δ: paramètre d'occultation (racine carrée du rapport de la surface occultée à la surface d'ouverture)

δ: largeur du faisceau, en dehors de l'axe, soumise à balayage

$= \theta_0 / \psi_0$

θ_0: angle entre le centre de la zone de couverture (centre de l'ellipse d'aire minimale) et le bord de la zone de couverture

$$\eta_i(\Delta) = 1 - \Delta^2 \quad \text{pour l'occultation centrale}$$

$$= [1 - [1 - A(1 - \Delta)^2]\,\Delta^2]^2 \quad \text{pour l'occultation aux bords} \qquad (8)$$

Le paramètre A de l'équation (8) est la hauteur du piédestal dans la fonction d'éclairement primaire $(1 - Ar^2)$ sur le réflecteur et r est la distance normalisée à partir du centre dans le plan de l'ouverture du réflecteur ($r = 1$ au bord). F/D_p dans l'équation (7) est le rapport de la longueur focale au diamètre de la parabole. Pour concevoir effectivement une antenne de satellite, on utilise un rapport F/D_p compris entre 0,35 et 0,45.

Le gain des lobes latéraux éloignés dépend des effets de débordement du réseau de la source primaire et des effets de réflexion et de diffraction de la structure de l'engin spatial. Ces effets dépendent des modèles individuels et pour cette raison il est difficile d'en tirer des conclusions générales.

Comme il est indiqué dans l'équation (7), le facteur d'élargissement du faisceau, Q, dépend de la valeur quadratique moyenne de l'erreur de surface, ε, du paramètre d'occultation, Δ, du nombre de faisceaux balayés δ, et du rapport F/D_p. Toutefois, dans la pratique, l'effet de ε et de Δ sur l'élargissement du faisceau est en général faible et peut être négligé. En conséquence, on peut simplifier comme suit l'équation (7):

$$Q = 10^{\left(\frac{0{,}000075\,(\delta - 1/2)^2}{[(F/D_p)^2 + 0{,}02]^2} \right)} \qquad (9)$$

où:

$D_p = 2(d + h)$

d: diamètre prévu d'ouverture du paraboloïde excentré

h: hauteur décalée par rapport au bord du réflecteur.

L'équation (9) démontre clairement que l'élargissement du faisceau dépend du nombre de faisceaux balayés et du rapport F/D_p de l'antenne du satellite. Cette expression est valable pour un nombre δ de faisceaux de balayage pouvant aller jusqu'à neuf, ce qui est plus que suffisant pour assurer une couverture globale, même dans la bande des 14/11 GHz. Pour les zones de service aussi grandes que celles du Canada, des Etats-Unis d'Amérique ou de la Chine, la valeur de δ correspond en général à un ou deux faisceaux dans la bande des 6/4 GHz et de quatre faisceaux environ dans la bande des 14/11 GHz dans l'application de ce modèle. En conséquence, pour la plupart des systèmes, la valeur de Q est en général inférieure à 1,1, c'est-à-dire que l'effet d'élargissement du faisceau représente en général près de 10% de la largeur du faisceau secondaire élémentaire de l'antenne à faisceau conformé.

En négligeant l'élargissement du faisceau principal dû à l'occultation et aux erreurs de surface de réflexion, et dans l'hypothèse d'une valeur de 0,35 pour le rapport F/D_p du réflecteur, qui est le cas le plus défavorable, le facteur d'élargissement du faisceau, Q, peut être simplifié comme suit:

$$Q = 10^{0{,}0037\,(\delta - 1/2)^2}$$

Dans la bande des 6/4 GHz, on peut obtenir sans peine un niveau de –25 dB dans les lobes latéraux, avec une antenne, constituée par un réflecteur plein de 2 m de diamètre et plusieurs cornets d'alimentation, compatible avec un lanceur du type PAM-D. Pour obtenir une discrimination de 30 dB, il pourrait être nécessaire de prévoir un plus grand diamètre d'antenne, si l'on veut assurer

une protection ou une régulation dans un large intervalle angulaire. Dans les bandes des 14/11 GHz attribuées au SFS, on peut généralement réaliser une discrimination de 30 dB avec l'antenne de 2 m et en utilisant un système d'alimentation plus élaboré.

Les équations définissant le diagramme de référence dépendent de l'angle de balayage du faisceau à la limite de couverture dans la direction de la coupe à laquelle le diagramme est appliqué. Pour utiliser un diagramme de référence à titre d'objectif de conception, il est souhaitable de disposer d'un diagramme simple, dépendant le moins possible des éléments paramétriques. En conséquence, il conviendrait de choisir et d'incorporer dans les équations qui précèdent une ou plusieurs valeurs de Q correspondant aux couvertures types des satellites.

On peut obtenir une pente de décroissance du faisceau principal plus raide pour les zones desservies par un service à satellite national que pour les zones de couverture régionales très étendues. Inversement, un diagramme de référence convenant à une couverture régionale ne sera pas assez restrictif pour une couverture nationale par satellite.

Il est donc proposé de simplifier le modèle Nº 1 en le ramenant à deux cas pour les antennes du SFS. On a supposé dans ces deux cas un palier de niveau des lobes secondaires de –25 dB.

a) Régions à couverture réduite ($\delta < 3{,}5$)

La plupart des zones de couverture nationale par satellite relèvent de cette catégorie. Pour tenir compte de la faible dégradation due au balayage dans le cas des régions à couverture réduite, on adopte la valeur 1,10 pour le facteur d'élargissement du faisceau, Q. Les diagrammes de référence sont définis comme suit:

$$G_{dBi}(\Delta\psi) = \begin{cases} G_{ep} + 0{,}256 - \dfrac{10{,}797}{\psi_0^2}(\Delta\psi + 0{,}55\,\psi_0)^2 & \text{pour} \quad 0 \le \Delta\psi \le 0{,}9794\,\psi_0 \\ G_{ep} - 25 & \text{pour} \quad 0{,}9794\,\psi_0 < \Delta\psi \le 2{,}1168\,\psi_0 \\ G_{ep} - 25 + 20\log(2{,}1168\,\psi_0/\Delta\psi) & \text{pour} \quad 2{,}1168\,\psi_0 < \Delta\psi \le 18 \end{cases}$$

b) Régions à large couverture ($\delta > 3{,}5$)

Les couvertures hémisphériques et globales des satellites INTELSAT et INMARSAT relèvent, par exemple, de cette catégorie. Pour tenir compte de la dégradation due à l'importance du balayage, on adopte pour Q la valeur 1,3. Les diagrammes de référence applicables à ce type de couverture ($\delta > 3{,}5$) sont définis comme suit:

$$G_{dBi}(\Delta\psi) = \begin{cases} G_{ep} + 0{,}256 - \dfrac{7{,}73}{\psi_0^2}(\Delta\psi + 0{,}65\,\psi_0)^2 & \text{pour} \quad 0 \le \Delta\psi \le 1{,}1575\,\psi_0 \\ G_{ep} - 25 & \text{pour} \quad 1{,}1575\,\psi_0 < \Delta\psi \le 2{,}5017\,\psi_0 \\ G_{ep} - 25 + 20\log(2{,}5017\,\psi_0/\Delta\psi) & \text{pour} \quad 2{,}5017\,\psi_0 < \Delta\psi \le 18 \end{cases}$$

2.4.2 Deuxième modèle

La mise au point d'un diagramme relativement simple pouvant être appliqué à différentes antennes de satellite sans préjudice de tel ou tel projet ou système, se heurtera à de nombreuses difficultés. Pour cette raison, le gabarit présenté dans le modèle N° 2 n'a pas pour objet de décrire une seule enveloppe, mais une configuration générale. Le gabarit peut être envisagé non seulement pour une seule application d'antenne, mais aussi comme représentation globale d'une famille de gabarits décrivant des antennes convenant aux différentes applications.

Dans le modèle, on s'est efforcé de tenir pleinement compte de l'élargissement du faisceau qui résulte de faisceaux composants balayant à l'extérieur de l'axe de visée des antennes à faisceau conformé. On a particulièrement veillé à tenir compte des effets du brouillage et du couplage

mutuel des faisceaux élémentaires adjacents entourant le faisceau élémentaire étudié. Pour simplifier la formulation, on a pris en considération deux faisceaux élémentaires adjacents supplémentaires dans la direction de balayage des faisceaux élémentaires composants. La variation de l'élargissement du faisceau avec le rapport F/D a également été prise en compte, soumise à des essais dans la gamme $0{,}70 \leq F/D \leq 1{,}3$ et mise en modèle pour un plan de balayage moyen entre le plan de l'angle d'élévation et le plan de l'azimut. Si la mise en modèle n'avait été effectuée que pour le seul plan de l'azimut, on aurait pu obtenir des caractéristiques plus marquées que prévu. Les autres hypothèses formulées dans le modèle sont les suivantes:

– il a été admis que la frontière des faisceaux composants correspondant aux éléments individuels correspond au contour idéal à –3 dB du faisceau à couverture conformée;
– le rayon du faisceau composant ψ_b est donné par la formule (6) et correspond à une décroissance de –4 dB en limite d'ouverture;
– la valeur de B qui commande la région du faisceau principal est modélisée directement en tant que fonction de l'angle de balayage du faisceau composant, du diamètre D de l'antenne et du rapport F/D du réflecteur de l'antenne.

La valeur de F/D utilisée dans ce modèle est le rapport de la longueur focale au diamètre physique du réflecteur. Le modèle est valable pour des réflecteurs de diamètre allant jusqu'à 120 λ, avec un balayage de faisceau allant jusqu'à 13 largeurs de faisceau, et s'est avéré avoir une bonne corrélation avec 34 coupes de diagramme environ, prises sur 4 antennes différentes.

Compte tenu du fait que, dans l'avenir, on aurait avantage à imposer un contrôle plus strict au fonctionnement de l'antenne, ce modèle fournit deux facteurs d'amélioration simples, K_1 et K_2, qui modifient le diagramme général obtenu jusqu'à présent.

Modèle copolaire général N° 2

Les équations pour les diverses régions et les valeurs correspondantes du gain de l'antenne en dehors de son axe principal sont données ci-après. Ces valeurs de gain sont mesurées dans une direction perpendiculaire à la zone de couverture pour chaque point et cette technique est associée à la définition de la zone de couverture donnée dans l'Annexe 2.

On donne à K_1 et K_2 la valeur 1: $K_1 = K_2 = 1$.

Les équations utilisées dans ce modèle sont normalisées sur la base d'un niveau de –20 dB pour le premier lobe latéral (L_s). Par la suite, cette valeur sera remplacée par la valeur spécifique choisie pour l'application considérée.

a) Région limite du lobe principal: $(0° \leq \Delta\psi < C\psi_b)$

Dans cette région, la fonction de gain est donnée par:

$$G(\Delta\psi) = G_e - K_1 B \left[\left(1 + \frac{\Delta\psi}{\psi_b} \right)^2 - 1 \right] \quad \text{dBi} \qquad (10)$$

où:

$G(\Delta\psi)$: gain dans le diagramme de référence (dBi)

G_e: gain en limite de couverture (dBi)

$\Delta\psi$: angle (degrés), par rapport au contour de couverture (convexe), dans une direction perpendiculaire au contour

$\psi_b = 32\ \lambda/D$ est le rayon du faisceau élémentaire (degrés) (correspondant à $L_s =$ –20 dB dans l'équation (6))

$B = B_0 - (S - 1{,}25)\,\Delta B$ pour $S \geq 1{,}25$ et

$B = B_0$ pour $S < 1{,}25$

$B_0 = 2{,}05 + 0{,}5\,(F/D - 1) + 0{,}0025\,D/\lambda$

$\Delta B = 1{,}65\,(D/\lambda)^{-0{,}55}$.

Les équations du plan d'azimut et du plan de site sont données ici pour répondre au cas général.

Plan d'azimut: $B_0 = 2{,}15 + T$

Plan de site: $B_0 = 1{,}95 + T$

où $T = 0{,}5\,(F/D - 1) + 0{,}0025\,D/\lambda$

Plan d'azimut: $\Delta B = 1{,}3\,(D/\lambda)^{-0{,}55}$

Plan de site: $\Delta B = 2{,}0\,(D/\lambda)^{-0{,}55}$

D: diamètre d'antenne (m)

λ: longueur d'onde (m)

S: déplacement angulaire A par rapport à la ligne de visée de l'antenne du point situé sur la limite de couverture de la largeur du faisceau à mi-puissance du faisceau secondaire comme l'indique la Fig. 4, c'est-à-dire: $S_1 = A_1 / 2\psi_b$ et $S_2 = A_2 / 2\psi_b$

$$C = \sqrt{1 + \frac{(20\,K_2 - 3)}{K_1\,B}} - 1$$

et correspond à la limite où $G\,(\Delta\psi)$ correspond à un niveau –20 K_2 (dB) par rapport au gain équivalent en crête G_{ep}, c'est-à-dire $G\,(\Delta\psi) = G_e + 3 - 20\,K_2$.

b) Région voisine du lobe principal: $C\psi_b \le \Delta\psi < (C + 0{,}5)\,\psi_b$

On a délibérément conservé cette région très étroite pour les raisons suivantes. De forts lobes latéraux de l'ordre de –20 dB apparaissent dans quelques plans seulement et sont suivis par des lobes latéraux à décroissance monotone. Dans les régions où l'on observe un élargissement du faisceau, le premier lobe latéral fusionne avec le lobe principal qui a déjà été modelé par B pour la jupe du faisceau. De ce fait, il est nécessaire de garder cette région très étroite afin de ne pas surestimer le niveau de rayonnement (pour les antennes de la classe B, cette région a été légèrement élargie et la fonction du gain modifiée). La fonction de gain de cette région est constante et elle est donnée par la formule:

$$G\,(\Delta\psi) = G_e + 3 - 20\,K_2 \qquad (11)$$

c) Région des lobes latéraux intermédiaires: $(C + 0{,}5)\,\psi_b \le \Delta\psi < (C + 4{,}5)\,\psi_b$

Cette région se caractérise par des lobes latéraux à décroissance monotone. Généralement, l'enveloppe diminue d'environ 10 dB sur une largeur de 4 ψ_b. De ce fait, elle est donnée par la formule:

$$G\,(\Delta\psi) = G_e + 3 - 20\,K_2 + 2{,}5\left[(C + 0{,}5) - \frac{\Delta\psi}{\psi_b}\right] \quad \text{dBi} \qquad (12)$$

Cette expression décroît de la valeur $G_e + 3 - 20\,K_2$ pour $(C + 0{,}5)\,\psi_b$ à la valeur $G_e + 3 - 10 - 20\,K_2$ pour $(C + 4{,}5)\,\psi_b$.

d) Région des lobes latéraux à grand angle: $(C + 4{,}5)\,\psi_b \le \Delta\psi < (C + 4{,}5)\,\psi_b\,D$,

où $D = 10^{[(G_e - 27)/20]}$

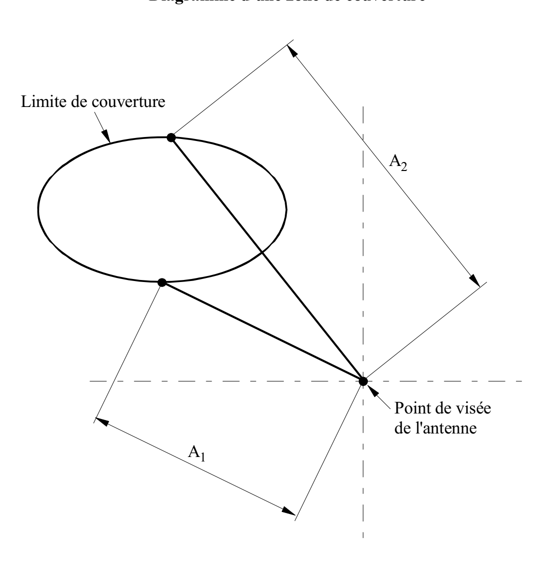
Elle correspond à la région dominée par la diffraction en limite du réflecteur et décroît d'environ 6 dB par octave. Elle est décrite par la formule:

$$G(\Delta\psi) = G_e + 3 - 10 - 20\,K_2 + 20 \log \left[\frac{(C + 4{,}5)\,\psi_b}{\Delta\psi} \right] \quad \text{dBi} \qquad (13)$$

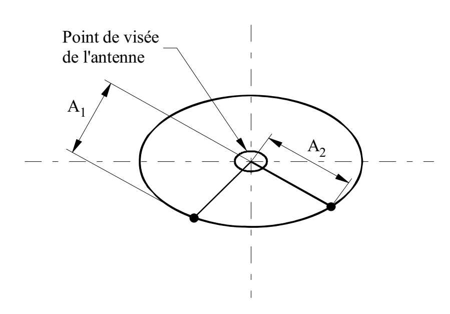
Dans cette région, $G(\Delta\psi)$ décroît de la valeur $G_e + 3 - 10 - 20\,K_2$ pour $(C + 4{,}5)\,\psi_b$ à la valeur $G_e + 3 - 16 - 20\,K_2$ pour $2\,(C + 4{,}5)\ \psi_b$. La limite supérieure correspond au point où $G(\Delta\psi)$ = 3 dBi.

FIGURE 4

Diagramme d'une zone de couverture



a) Point de visée à l'extérieur de la zone de couverture



b) Point de visée à l'intérieur de la zone de couverture

A_1, A_2: écart angulaire (degrés) des deux points sur la limite de couverture à partir du point de visée de l'antenne

0672-04

e) **Région des lobes latéraux éloignés:** $(C + 4{,}5)\ \psi_b D \leq \Delta\psi \leq 90,$

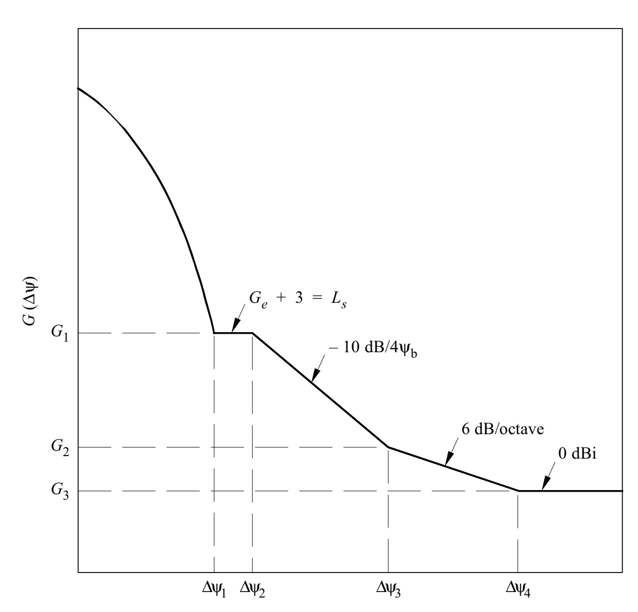
$$\text{où } D = 10^{[(G_e - 27)/20]}$$

$$G(\Delta\psi) = 3 \qquad \text{dBi} \qquad (14)$$

Ces régions sont décrites à la Fig. 5.

FIGURE 5

Diverses régions du modèle proposé N° 2



Le modèle peut aussi être étendu aux cas de faisceaux circulaires simples, de faisceaux elliptiques et d'antennes à réflecteur conformé. Ces cas sont couverts par ajustement à la valeur de *B* indiquée dans le modèle général ci-dessus:

– pour les faisceaux circulaires simples et les faisceaux elliptiques, on donne à *B* la valeur de 3,25;

– pour les réflecteurs conformés, les paramètres ci-après sont modifiés comme suit:

$$B = \begin{cases} 1{,}3 & \text{pour} \quad 0{,}5 \leq S \leq 0{,}75 \\ 1{,}56 - 0{,}34\,S & \text{pour} \quad 0{,}75 < S \leq 2{,}75 \\ 0{,}62 & \text{pour} \quad S > 2{,}75 \end{cases}$$

où:

S: (déplacement angulaire par rapport au centre de la couverture) / $2\psi_b$

$\psi_b = 40\ \lambda/D$

$K_2 = 1{,}25$

Il est à noter que les valeurs proposées pour les antennes à réflecteur conformé correspondent aux renseignements disponibles pour des configurations d'antenne simples. Cette nouvelle technologie se développe rapidement et par conséquent ces valeurs doivent être considérées comme provisoires. De plus, il sera peut-être nécessaire de procéder à un complément d'étude pour vérifier les niveaux de plateau pouvant être atteints dans les lobes latéraux.

Utilisation des facteurs d'amélioration K_1 et K_2

Les facteurs d'amélioration K_1 et K_2 ne servent pas à exprimer un quelconque processus physique dans le modèle, mais sont de simples constantes destinées à effectuer des ajustements permettant l'adaptation à la forme globale du diagramme de rayonnement de l'antenne sans en changer sa substance.

Un accroissement de la valeur de K_1 par rapport à sa valeur actuelle de 1 entraînera un accroissement de la rapidité de décroissance dans le faisceau principal.

On peut utiliser le paramètre K_2 pour ajuster les niveaux de la région du plateau des lobes latéraux en accroissant K_2 par rapport à sa valeur unitaire.

2.5 Caractéristiques de réduction des diagrammes de rayonnement de faisceaux conformés

Les caractéristiques de décroissance du faisceau principal des antennes à faisceau conformé dépendent principalement de la taille de l'antenne. La distance angulaire $\Delta\psi_L$ du bord de la zone de couverture jusqu'au point où le gain a diminué de 22 dB (par rapport au gain sur les bords) est un paramètre utile pour les besoins de la planification de l'orbite. Elle est liée de la manière suivante à la taille de l'antenne:

$$\Delta\psi_L = C\,(\lambda/D)$$

En ce qui concerne les faisceaux centraux qui sont peu ou pas conformés, la valeur de C est de 64 pour un niveau de crête des lobes latéraux de –25 dB. Toutefois, dans le cas des faisceaux soumis à balayage, la valeur de C est généralement de 64 à 80 selon l'importance de l'élargissement du faisceau principal.

2.6 Diagramme de référence pour des rapports de balayage intermédiaires

Les § 2.1 et 2.2 du dispositif prévoient deux diagrammes de référence pour les antennes de satellite du SFS: l'un pour des zones de couverture réduites, dont le rapport de balayage est inférieur à 3,5 et l'autre pour des zones de couverture étendues dont le rapport de balayage est supérieur à 5,0. Toutefois, on n'a pas défini de diagrammes de rayonnement pour des rapports de balayage intermédiaires ($3{,}5 < \delta < 5{,}0$) d'antennes de satellite.

Afin de tirer pleinement parti de la Recommandation, il conviendrait de définir le diagramme de rayonnement des antennes dont les rapports de balayage intermédiaires se situent entre 3,5 et 5,0. Une méthode consisterait à redéfinir l'un des deux modèles afin qu'il couvre l'autre région. Il est toutefois proposé, comme solution provisoire, de relier les deux modèles par un diagramme de référence défini au moyen de paramètres semblables à ceux qui sont utilisés aux § 2.1 et 2.2 du dispositif.

A l'aide de cette méthode, on a mis au point un nouveau diagramme de référence uniquement applicable aux antennes de la classe A, et conçu de façon à satisfaire les diagrammes des antennes existantes pour des zones de couverture réduites et étendues pour $\delta = 3{,}5$ et $\delta = 5{,}0$ respectivement. Il est défini en fonction du facteur d'élargissement du faisceau Q_i qui est le rapport entre les limites

supérieures des régions de réduction du faisceau principal dans le faisceau modelé ($\delta > 1/2$) et le faisceau pinceau ($\delta = 1/2$). Pour des rapports de balayage compris dans l'intervalle $3,5 < \delta < 5,0$ on calcule Q_i comme suit:

$$Q_i = Q + \left(\frac{C}{1,7808} - Q\right)\left(\frac{\delta - 3,5}{1,5}\right)$$

où:

$$Q = 10^{\left(\frac{0,000075\,(\delta - 1/2)^2}{[(F/D_p)^2 + 0,02]^2}\right)}$$

$$C = \sqrt{1 + \frac{22}{B}} - 1$$

$$B = 2,05 + 0,5\,(F/D - 1) + 0,0025\,D/\lambda - (\delta - 1,25)\,1,65\,(D/\lambda)^{-0,55}$$

Pour les rapports de balayage intermédiaires ($3,5 < \delta < 5,0$), le diagramme de référence est défini comme suit:

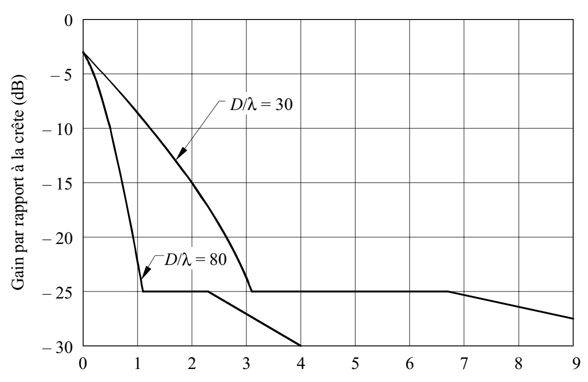
$$G_{dBi}(\Delta\psi) = \begin{cases} G_{ep} + 0,256 - 13,065\left(\dfrac{\Delta\psi}{Q_i\,\psi_0} + 0,5\right)^2 & \text{pour} \quad 0 \le \dfrac{\Delta\psi}{\psi_0} \le 0,8904\,Q_i \\ G_{ep} - 25 & \text{pour} \quad 0,8904\,Q_i < \dfrac{\Delta\psi}{\psi_0} \le 1,9244\,Q_i \\ G_{ep} - 25 + 20\log\left(\dfrac{1,9244\,Q_i}{\Delta\psi}\right) & \text{pour} \quad 1,9244\,Q_i < \dfrac{\Delta\psi}{\psi_0} \le \dfrac{18}{\psi_0} \end{cases}$$

Les variables des équations ci-dessus ont été définies aux § 2.1 et 2.2 du dispositif.

La Fig. 6 donne un exemple du nouveau diagramme de référence pour $\delta = 4,25$ et pour deux valeurs différentes du rapport D/λ.

FIGURE 6

Diagramme de référence proposé pour des rapports de balayage intermédiaires ($3,5 < \delta < 5,0$)



Un complément d'étude est nécessaire afin de valider ce modèle pour la région correspondant à des rapports de balayage intermédiaires.

ANNEXE 2

1 Définition des contours de la zone de couverture et des contours de gain autour de la zone de couverture

1.1 Définition des contours de la zone de couverture

Il est possible de définir une zone de couverture par une suite de points géographiques tels qu'on les voit d'un satellite. Le nombre de points nécessaire pour définir valablement la zone de couverture est fonction de la complexité de la zone. On peut déplacer ces points pour rendre compte des tolérances de pointage d'antenne et des variations dues à des considérations concernant l'arc de service. On obtient un polygone en reliant les points adjacents. Un contour de zone de couverture est tracé autour de ce polygone en observant les deux principes suivants:

– le rayon de courbure du contour de la zone de couverture devrait être supérieur ou égal à ψ_b;

– la séparation entre les segments de droite du contour de la zone de couverture devrait être supérieure à $2\psi_b$ (voir la Fig. 7).

S'il est possible d'inscrire le polygone de couverture dans un cercle de rayon ψ_b, ce cercle est le contour de la zone de couverture. Le centre du cercle est le centre d'un cercle de rayon minimal qui entoure exactement le contour de la zone de couverture. S'il n'est pas possible d'inscrire le polygone de couverture dans un cercle de rayon ψ_b, on procède alors de la manière suivante:

Etape 1: Pour tous les angles intérieurs de couverture des polygones inférieurs à 180°, tracer un cercle de rayon ψ_b ayant son centre à une distance ψ_b sur la bissectrice interne de l'angle. Si tous les angles sont inférieurs à 180° (sans concavités), les Etapes 2 et 4 ci-après sont éliminées.

Etape 2: a) pour tous les angles intérieurs supérieurs à 180°, tracer un cercle de rayon ψ_b tangent aux lignes reliées au point de couverture, et dont le centre est situé sur la bissectrice extérieure de l'angle;

b) si ce cercle n'est pas entièrement à l'extérieur du polygone de couverture, tracer alors un cercle de rayon ψ_b tangent au polygone de couverture aux deux points les plus proches de ce polygone et situé entièrement à l'extérieur du polygone de couverture.

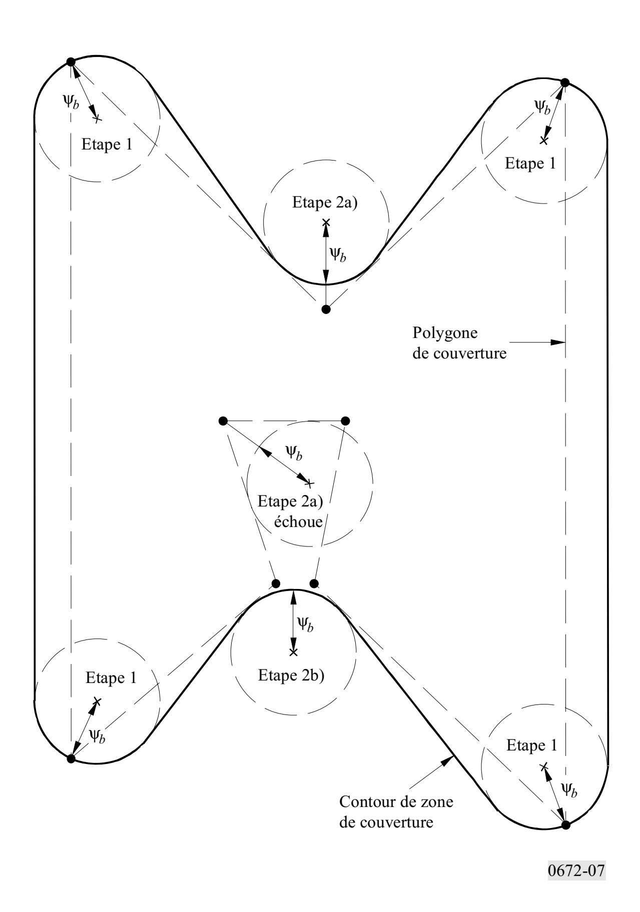
Etape 3: Tracer des segments de droite tangents aux portions des cercles des Etapes 1 et 2 qui sont les plus rapprochées du polygone de couverture, mais extérieures à ce polygone.

Etape 4: Si la distance intérieure entre deux segments de droite quelconques obtenus dans l'Etape 3 est inférieure à $2\psi_b$, les points de détermination sur le polygone de couverture doivent être ajustés de telle sorte qu'une nouvelle application des Etapes 1 à 3 donne une distance intérieure égale à $2\psi_b$ entre les deux segments de droite.

Un exemple de la technique de détermination du tracé est indiqué à la Fig. 7.

FIGURE 7

Tracé d'un contour de zone de couverture



1.2 Contours du gain au voisinage des contours de la zone de couverture

Comme indiqué dans l'Annexe 1, des difficultés surviennent là où le contour de la zone de couverture présente des parties concaves. En utilisant un $\Delta\psi$ mesuré perpendiculairement au contour de la zone de couverture, on obtiendra des intersections des normales et on pourrait avoir des intersections avec le contour de la zone de couverture.

Afin de tourner cette difficulté, ainsi que d'autres, on propose un processus en deux étapes. S'il n'existe pas de parties concaves dans les contours de couverture, l'Etape 2 suivante est éliminée.

Etape 1: Pour chaque $\Delta\psi$, tracer un contour établi de manière que la distance angulaire entre ce contour et le contour de la zone de couverture ne soit jamais inférieure à $\Delta\psi$.

Il suffit à cet effet de tracer des arcs de longueurs $\Delta\psi$ à partir de points situés sur le contour de la zone de couverture. L'enveloppe extérieure de ces arcs est le contour de gain.

Là où le contour de la zone de couverture est rectiligne ou convexe, on satisfait à cette condition en faisant la mesure suivant la perpendiculaire au contour de la zone de couverture. Il n'y aura pas d'intersections de perpendiculaires dans ce cas.

L'emploi du processus décrit à l'Etape 1 contourne ces problèmes de tracé dans les zones de concavité. Cependant, d'un point de vue pratique, il reste encore un certain nombre de problèmes. Comme indiqué dans l'Annexe 1, l'action sur les lobes latéraux dans des régions de concavité peut devenir plus difficile lorsque le degré de concavité augmente, la section droite du diagramme tend à s'élargir et l'application de l'Etape 1 peut conduire à des discontinuités dans la pente du contour de gain.

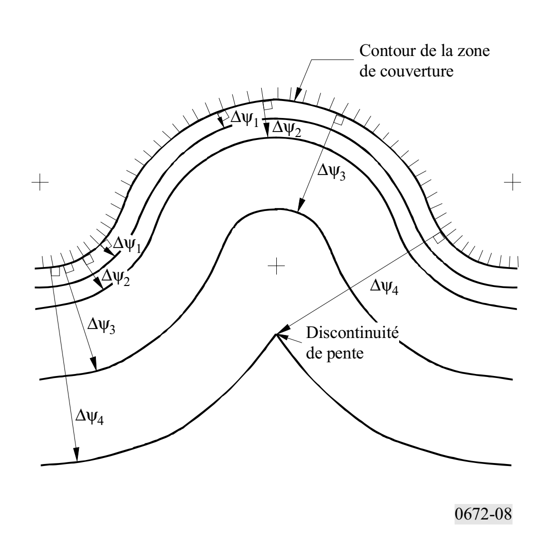
Il semblerait raisonnable de postuler que les contours de gain doivent avoir des rayons de courbure qui ne soient jamais inférieurs à $(\psi_b + \Delta\psi)$, vus de l'intérieur ou de l'extérieur du contour de gain. Cette condition est satisfaite grâce au processus de l'Etape 1 là où le contour de la zone de couverture est rectiligne ou convexe, mais non dans les zones de concavité de ce contour. Les foyers correspondant aux rayons de courbure où le contour de la zone de couverture est rectiligne ou convexe sont à l'intérieur du contour de gain. Dans les zones de concavité, l'emploi de l'Etape 1 peut conduire à des rayons de courbure qui, vus de l'extérieur du contour de gain, soient inférieurs à $(\psi_b + \Delta\psi)$.

La Fig. 8 présente un exemple du processus de l'Etape 1 dans une zone de concavité. Des segments semi-circulaires sont utilisés pour le contour de la zone de couverture, afin de faciliter le tracé. Noter la discontinuité de la pente.

Pour tenir compte des problèmes énumérés ci-dessus et pour éliminer toute discontinuité de pente, on propose une Etape 2 pour les cas de parties concaves.

FIGURE 8

Contour de gain tiré de l'Etape 1 dans le cas d'un contour de zone de couverture concave



Etape 2: Dans les zones du contour de gain déterminé par l'Etape 1 où le rayon de courbure, vu de l'extérieur de ce contour, est inférieur à $(\psi_b + \Delta\psi)$, cette portion du contour de gain devrait être remplacée par un contour de rayon à $(\psi_b + \Delta\psi)$.

La Fig. 9 présente un exemple d'application du processus de l'Etape 2 à la concavité de la Fig. 8. A des fins d'illustration, on a indiqué les valeurs du contour de gain relatif en admettant ψ_b comme indiqué et une valeur de B égale à 3 dB.

Cette méthode de détermination de tracé ne présente pas d'ambiguïté et donne des résultats auxquels on peut normalement s'attendre pour les contours qui comportent des concavités. Mais l'élaboration d'un logiciel permettant d'appliquer cette méthode est difficile et ne convient pas parfaitement aux zones de couverture de faible étendue. Il faut continuer à améliorer la méthode.

Pour obtenir les valeurs de gain en des points particuliers sans établir de contours, on peut utiliser la méthode suivante.

On peut obtenir les valeurs de gain en des points éloignés d'une zone de concavité en déterminant l'angle $\Delta\psi$ mesuré normalement au contour de la zone de couverture et en calculant le gain à partir de l'équation appropriée: (10), (11), (12), (13) ou (14). On peut déterminer le gain en un point situé dans une concavité de la façon suivante.

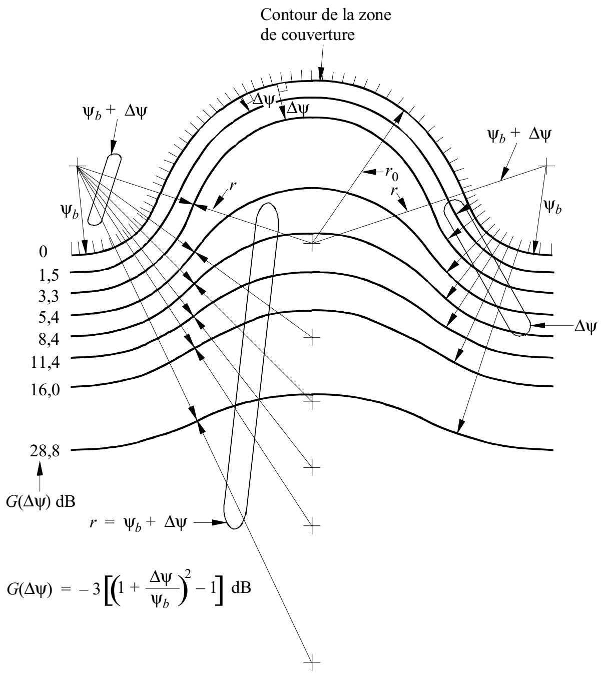
Tout d'abord, on procède à un essai simple. Tirer une droite traversant la concavité de telle sorte qu'elle touche le bord de la couverture en deux points sans le couper. Tracer les normales au contour de couverture aux points de tangence. Si le point considéré se trouve à l'extérieur de la zone de couverture entre les deux normales, il est possible que la discrimination de l'antenne subisse l'influence de la concavité de la couverture. Il est alors nécessaire de procéder comme suit:

Déterminer l'angle le plus faible $\Delta\psi$ entre le point considéré et le contour de la zone de couverture. Tracer un cercle de rayon $(\psi_b + \Delta\psi)$ dont la circonférence contient le point, de façon telle que sa distance angulaire de n'importe quel point du contour de la zone de couverture soit rendue maximale lorsque le cercle est entièrement à l'extérieur de la zone de couverture; soit $\Delta\psi'$ cette distance angulaire maximale. Elle peut prendre toute valeur comprise entre 0 et $\Delta\psi$ tout en demeurant inférieure ou égale à $\Delta\psi$. La discrimination d'antenne pour le point considéré est alors obtenue au moyen des équations (10), (11), (12), (13), ou (14) suivant le cas, en remplaçant $\Delta\psi$ par $\Delta\psi'$.

Deux programmes informatiques permettant d'établir les contours de la zone de couverture à l'aide de la méthode précitée ont été mis au point; ils sont disponibles auprès du Bureau des radiocommunications.

FIGURE 9

Tracé du contour de gain dans le cas d'un contour de zone de couverture concave: Etape 1, puis Etape 2



$r = \psi_b + \Delta\psi$

$r_0 = 1{,}9\ \psi_b$

r_0: rayon de courbure de la concavité du contour de couverture

r: rayon de courbure

0672-09

RECOMMANDATION UIT-R M.690-1*

CARACTÉRISTIQUES TECHNIQUES DES RADIOBALISES DE LOCALISATION DES SINISTRES (RLS) FONCTIONNANT SUR LES FRÉQUENCES PORTEUSES 121,5 MHz ET 243 MHz

(Question UIT-R 31/8)

(1990-1995)

Résumé

Cette Recommandation indique les caractéristiques techniques auxquelles les radiobalises de localisation des sinistres (RLS), destinées à être exploitées sur les fréquences porteuses 121,5 MHz et 243 MHz, doivent se conformer.

Des caractéristiques supplémentaires pour les RLS destinées à être installées à bord d'aéronefs, sont indiquées dans les Annexes pertinentes de la Convention de l'Organisation de l'aviation civile internationale.

L'Assemblée des radiocommunications de l'UIT,

considérant

a) que le Règlement des radiocommunications définit la fonction des signaux des radiobalises de localisation des sinistres (RLS);

b) que les administrations autorisant l'utilisation de RLS fonctionnant sur les fréquences porteuses 121,5 MHz et 243 MHz devraient s'assurer que ces RLS sont conformes aux dispositions des Recommandations UIT-R pertinentes ainsi qu'aux normes et aux pratiques recommandées de l'OACI,

recommande

1 d'utiliser, pour les RLS fonctionnant sur les fréquences porteuses 121,5 MHz et 243 MHz, des caractéristiques techniques conformes aux dispositions de l'Annexe 1.

ANNEXE 1

Caractéristiques techniques des radiobalises de localisation des sinistres (RLS) fonctionnant sur les fréquences porteuses 121,5 MHz et 243 MHz

Les radiobalises de localisation des sinistres fonctionnant sur les fréquences porteuses 121,5 MHz et 243 MHz doivent satisfaire aux conditions suivantes (voir la Note 1):

a) dans les conditions et positions normales des antennes, l'émission doit être polarisée verticalement et essentiellement équidirective dans le plan horizontal;

b) les fréquences porteuses doivent être modulées en amplitude (facteur d'utilisation minimal de 33%) avec un taux de modulation minimal de 0,85;

c) l'émission doit consister en un signal audiofréquence caractéristique, obtenu par modulation en amplitude des fréquences porteuses avec un balayage audiofréquence vers le bas d'au moins 700 Hz dans la gamme comprise entre 1 600 et 300 Hz et répété à raison de 2 à 4 fois par seconde;

---

* Cette Recommandation doit être portée à l'attention de l'Organisation de l'Aviation civile internationale (OACI), et du Secrétariat de COSPAS-SARSAT.

d) l'émission devrait comporter une fréquence porteuse bien définie et distincte des éléments de modulation en bande latérale; en particulier, au moins 30% de la puissance devraient être contenus, à tout moment:

– dans les limites de ± 30 Hz de la fréquence porteuse, sur la fréquence 121,5 MHz,

– dans les limites de ± 60 Hz de la fréquence porteuse, sur la fréquence 243 MHz;

e) la classe d'émission doit être la classe A3X; cependant, tout type de modulation satisfaisant aux conditions spécifiées en b), c) et d) ci-dessus peut être utilisé, à condition que cela n'empêche pas la localisation précise de la radiobalise.

NOTE 1 – Les Annexes pertinentes de la Convention de l'aviation civile internationale spécifient les caractéristiques supplémentaires applicables aux RLS installées sur les aéronefs.

RECOMMANDATION UIT-R P.838-3

Modèle d'affaiblissement linéique dû à la pluie destiné aux méthodes de prévision

(Question UIT-R 201/3)

(1992-1999-2003-2005)

L'Assemblée des radiocommunications de l'UIT,

considérant

a) qu'il est nécessaire de calculer l'affaiblissement dû à la pluie fondé sur la connaissance des intensités de précipitation,

recommande

1 d'utiliser la procédure suivante.

On obtient l'affaiblissement linéique γ_R (dB/km) à partir de l'intensité de précipitation R (mm/h) par la relation de loi en puissance:

$$\gamma_R = kR^{\alpha} \tag{1}$$

Les valeurs des coefficients k et α sont déterminées en fonction de la fréquence, f (GHz), dans la gamme 1-1 000 GHz, à partir des équations suivantes obtenues après ajustement des courbes sur les coefficients des lois en puissance issus des calculs de diffusion:

$$\log_{10} k = \sum_{j=1}^{4} a_j \exp\left[-\left(\frac{\log_{10} f - b_j}{c_j}\right)^2\right] + m_k \log_{10} f + c_k \tag{2}$$

$$\alpha = \sum_{j=1}^{5} a_j \exp\left[-\left(\frac{\log_{10} f - b_j}{c_j}\right)^2\right] + m_\alpha \log_{10} f + c_\alpha \tag{3}$$

où:

f: fréquence (GHz)

k: k_H ou k_V

α: α_H ou α_V.

Les valeurs des constantes sont données dans le Tableau 1 pour le coefficient k_H en polarisation horizontale et dans le Tableau 2 pour le coefficient k_V en polarisation verticale. Le Tableau 3 donne les valeurs des constantes pour le coefficient α_H en polarisation horizontale et le Tableau 4 donne les valeurs des constantes pour le coefficient α_V en polarisation verticale.

TABLEAU 1

Coefficients pour k_H

j	a_j	b_j	c_j	m_k	c_k
1	–5,33980	–0,10008	1,13098	–0,18961	0,71147
2	–0,35351	1,26970	0,45400		
3	–0,23789	0,86036	0,15354		
4	–0,94158	0,64552	0,16817		

TABLEAU 2

Coefficients pour k_V

j	a_j	b_j	c_j	m_k	c_k
1	–3,80595	0,56934	0,81061	–0,16398	0,63297
2	–3,44965	–0,22911	0,51059		
3	–0,39902	0,73042	0,11899		
4	0,50167	1,07319	0,27195		

TABLEAU 3

Coefficients pour α_H

j	a_j	b_j	c_j	m_α	c_α
1	–0,14318	1,82442	–0,55187	0,67849	–1,95537
2	0,29591	0,77564	0,19822		
3	0,32177	0,63773	0,13164		
4	–5,37610	–0,96230	1,47828		
5	16,1721	–3,29980	3,43990		

TABLEAU 4

Coefficients pour α_V

j	a_j	b_j	c_j	m_α	c_α
1	–0,07771	2,33840	–0,76284	–0,053739	0,83433
2	0,56727	0,95545	0,54039		
3	–0,20238	1,14520	0,26809		
4	–48,2991	0,791669	0,116226		
5	48,5833	0,791459	0,116479		

Pour une polarisation rectiligne et pour une polarisation circulaire, et pour toute géométrie de trajet, on peut calculer les paramètres de la formule (1) à partir des valeurs données dans les formules (2) et (3) en appliquant les équations ci-dessous:

$$k = [k_H + k_V + (k_H - k_V)\cos^2\theta\cos 2\tau]/2 \qquad (4)$$

$$\alpha = [k_H\alpha_H + k_V\alpha_V + (k_H\alpha_H - k_V\alpha_V)\cos^2\theta\cos 2\tau]/2k \qquad (5)$$

θ étant l'angle d'élévation du trajet et τ l'inclinaison de la polarisation sur le plan horizontal (pour la polarisation circulaire, $\tau = 45°$).

Pour accélérer les choses, les coefficients k et α sont représentés sous forme graphique sur les Fig. 1 à 4 et le Tableau 5 contient une liste des valeurs numériques des coefficients pour des fréquences données.

FIGURE 1

Variation de *k* en fonction de la fréquence, en polarisation horizontale

FIGURE 2

Variation de α en fonction de la fréquence, en polarisation horizontale

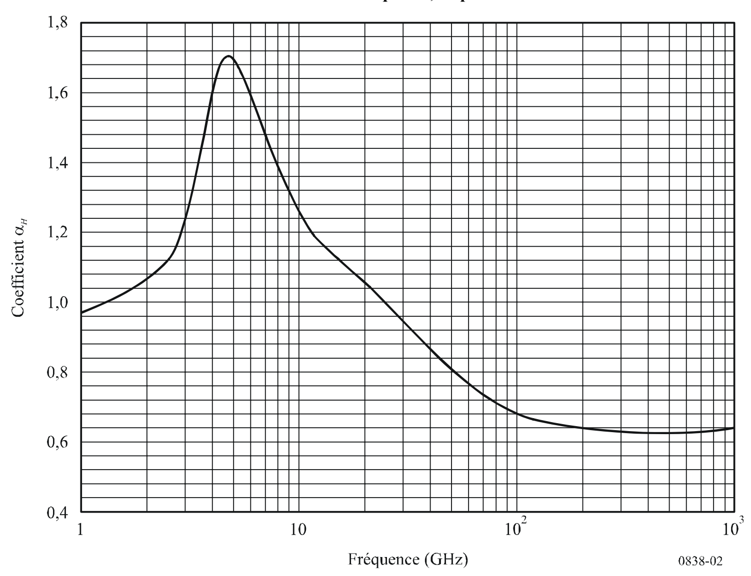


FIGURE 3

Variation de *k* en fonction de la fréquence, en polarisation verticale

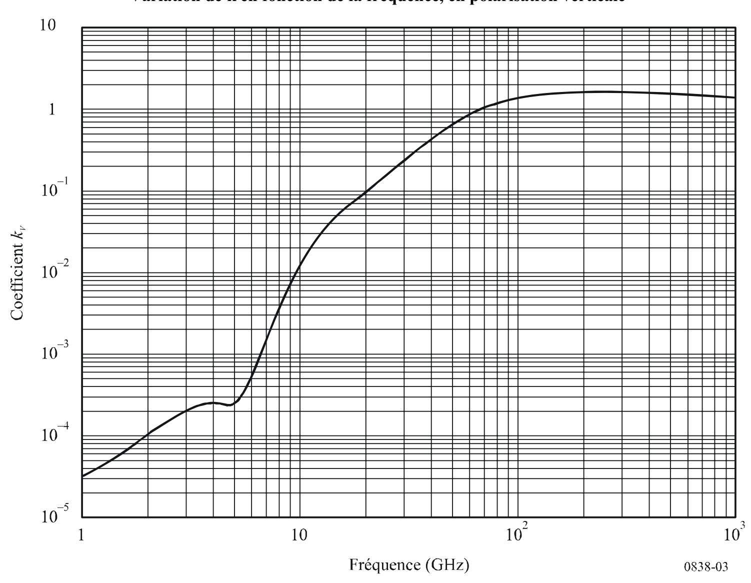


FIGURE 4

Variation de α en fonction de la fréquence, en polarisation verticale

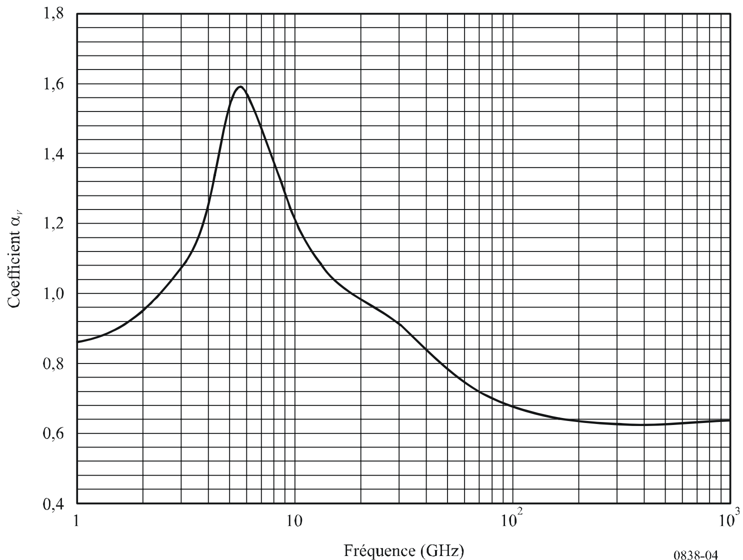


TABLEAU 5

Coefficients dépendant de la fréquence utilisés pour estimer l'affaiblissement linéique dû aux précipitations à l'aide des formules (4), (5) et (1)

Fréquence (GHz)	k_H	α_H	k_V	α_V
1	0,0000259	0,9691	0,0000308	0,8592
1,5	0,0000443	1,0185	0,0000574	0,8957
2	0,0000847	1,0664	0,0000998	0,9490
2,5	0,0001321	1,1209	0,0001464	1,0085
3	0,0001390	1,2322	0,0001942	1,0688
3,5	0,0001155	1,4189	0,0002346	1,1387
4	0,0001071	1,6009	0,0002461	1,2476
4,5	0,0001340	1,6948	0,0002347	1,3987
5	0,0002162	1,6969	0,0002428	1,5317
5,5	0,0003909	1,6499	0,0003115	1,5882
6	0,0007056	1,5900	0,0004878	1,5728
7	0,001915	1,4810	0,001425	1,4745
8	0,004115	1,3905	0,003450	1,3797
9	0,007535	1,3155	0,006691	1,2895

TABLEAU 5 (*suite*)

Fréquence (GHz)	k_H	α_H	k_V	α_V
10	0,01217	1,2571	0,01129	1,2156
11	0,01772	1,2140	0,01731	1,1617
12	0,02386	1,1825	0,02455	1,1216
13	0,03041	1,1586	0,03266	1,0901
14	0,03738	1,1396	0,04126	1,0646
15	0,04481	1,1233	0,05008	1,0440
16	0,05282	1,1086	0,05899	1,0273
17	0,06146	1,0949	0,06797	1,0137
18	0,07078	1,0818	0,07708	1,0025
19	0,08084	1,0691	0,08642	0,9930
20	0,09164	1,0568	0,09611	0,9847
21	0,1032	1,0447	0,1063	0,9771
22	0,1155	1,0329	0,1170	0,9700
23	0,1286	1,0214	0,1284	0,9630
24	0,1425	1,0101	0,1404	0,9561
25	0,1571	0,9991	0,1533	0,9491
26	0,1724	0,9884	0,1669	0,9421
27	0,1884	0,9780	0,1813	0,9349
28	0,2051	0,9679	0,1964	0,9277
29	0,2224	0,9580	0,2124	0,9203
30	0,2403	0,9485	0,2291	0,9129
31	0,2588	0,9392	0,2465	0,9055
32	0,2778	0,9302	0,2646	0,8981
33	0,2972	0,9214	0,2833	0,8907
34	0,3171	0,9129	0,3026	0,8834
35	0,3374	0,9047	0,3224	0,8761
36	0,3580	0,8967	0,3427	0,8690
37	0,3789	0,8890	0,3633	0,8621
38	0,4001	0,8816	0,3844	0,8552
39	0,4215	0,8743	0,4058	0,8486
40	0,4431	0,8673	0,4274	0,8421
41	0,4647	0,8605	0,4492	0,8357
42	0,4865	0,8539	0,4712	0,8296
43	0,5084	0,8476	0,4932	0,8236
44	0,5302	0,8414	0,5153	0,8179
45	0,5521	0,8355	0,5375	0,8123
46	0,5738	0,8297	0,5596	0,8069
47	0,5956	0,8241	0,5817	0,8017

TABLEAU 5 (*suite*)

Fréquence (GHz)	k_H	α_H	k_V	α_V
48	0,6172	0,8187	0,6037	0,7967
49	0,6386	0,8134	0,6255	0,7918
50	0,6600	0,8084	0,6472	0,7871
51	0,6811	0,8034	0,6687	0,7826
52	0,7020	0,7987	0,6901	0,7783
53	0,7228	0,7941	0,7112	0,7741
54	0,7433	0,7896	0,7321	0,7700
55	0,7635	0,7853	0,7527	0,7661
56	0,7835	0,7811	0,7730	0,7623
57	0,8032	0,7771	0,7931	0,7587
58	0,8226	0,7731	0,8129	0,7552
59	0,8418	0,7693	0,8324	0,7518
60	0,8606	0,7656	0,8515	0,7486
61	0,8791	0,7621	0,8704	0,7454
62	0,8974	0,7586	0,8889	0,7424
63	0,9153	0,7552	0,9071	0,7395
64	0,9328	0,7520	0,9250	0,7366
65	0,9501	0,7488	0,9425	0,7339
66	0,9670	0,7458	0,9598	0,7313
67	0,9836	0,7428	0,9767	0,7287
68	0,9999	0,7400	0,9932	0,7262
69	1,0159	0,7372	1,0094	0,7238
70	1,0315	0,7345	1,0253	0,7215
71	1,0468	0,7318	1,0409	0,7193
72	1,0618	0,7293	1,0561	0,7171
73	1,0764	0,7268	1,0711	0,7150
74	1,0908	0,7244	1,0857	0,7130
75	1,1048	0,7221	1,1000	0,7110
76	1,1185	0,7199	1,1139	0,7091
77	1,1320	0,7177	1,1276	0,7073
78	1,1451	0,7156	1,1410	0,7055
79	1,1579	0,7135	1,1541	0,7038
80	1,1704	0,7115	1,1668	0,7021
81	1,1827	0,7096	1,1793	0,7004
82	1,1946	0,7077	1,1915	0,6988
83	1,2063	0,7058	1,2034	0,6973
84	1,2177	0,7040	1,2151	0,6958
85	1,2289	0,7023	1,2265	0,6943

TABLEAU 5 (*fin*)

Fréquence (GHz)	k_H	α_H	k_V	α_V
86	1,2398	0,7006	1,2376	0,6929
87	1,2504	0,6990	1,2484	0,6915
88	1,2607	0,6974	1,2590	0,6902
89	1,2708	0,6959	1,2694	0,6889
90	1,2807	0,6944	1,2795	0,6876
91	1,2903	0,6929	1,2893	0,6864
92	1,2997	0,6915	1,2989	0,6852
93	1,3089	0,6901	1,3083	0,6840
94	1,3179	0,6888	1,3175	0,6828
95	1,3266	0,6875	1,3265	0,6817
96	1,3351	0,6862	1,3352	0,6806
97	1,3434	0,6850	1,3437	0,6796
98	1,3515	0,6838	1,3520	0,6785
99	1,3594	0,6826	1,3601	0,6775
100	1,3671	0,6815	1,3680	0,6765
120	1,4866	0,6640	1,4911	0,6609
150	1,5823	0,6494	1,5896	0,6466
200	1,6378	0,6382	1,6443	0,6343
300	1,6286	0,6296	1,6286	0,6262
400	1,5860	0,6262	1,5820	0,6256
500	1,5418	0,6253	1,5366	0,6272
600	1,5013	0,6262	1,4967	0,6293
700	1,4654	0,6284	1,4622	0,6315
800	1,4335	0,6315	1,4321	0,6334
900	1,4050	0,6353	1,4056	0,6351
1 000	1,3795	0,6396	1,3822	0,6365

RECOMMANDATION UIT-R M.1084-4*, **

Solutions intérimaires pour améliorer l'efficacité d'utilisation de la bande 156-174 MHz par les stations du service mobile maritime

(Question UIT-R 96/8)

(1994-1995-1997-1998-2001)

L'Assemblée des radiocommunications de l'UIT,

considérant

a) que, dans sa Recommandation N° 318 (Mob-87), la Conférence administrative mondiale des radiocommunications pour les services mobiles (Genève, 1987) (CAMR-Mob-87) cherche à trouver les moyens les mieux adaptés pour améliorer l'utilisation des bandes en ondes métriques attribuées aux communications mobiles maritimes (Appendice 18 du Réglement des radiocommunications (RR));

b) qu'un système international commun est essentiel pour que les communications maritimes assurent la sécurité de la vie en mer;

c) qu'à long terme, la façon la plus efficace d'utiliser le spectre des fréquences radioélectriques consistera à recourir aux techniques les plus récentes de transmission numérique ou à bande étroite;

d) que l'introduction de nouvelles techniques ou de nouveaux plans d'attribution des bandes de fréquences constituera une entreprise importante, impliquant une longue période de transition;

e) que tous les équipements nouveaux doivent être compatibles ou capables de cohabiter avec les équipements existants conformes à la Recommandation UIT-R M.489, qui sont déjà largement utilisés;

f) que l'introduction de nouvelles techniques ne doit pas interrompre la continuité d'accès, par tous les utilisateurs, aux communications de détresse et de sécurité du service mobile maritime (Appendice 18 du RR) dans les bandes d'ondes métriques;

g) que l'encombrement de la bande d'ondes métriques attribuée au service mobile maritime est aujourd'hui, dans certaines régions du monde, un problème sérieux qui ne cesse de s'aggraver;

h) que les administrations qui ont besoin de cette bande décideront peut-être de prendre des mesures pour résoudre leur problème d'encombrement local;

j) que l'Appendice 18 du RR permet aux administrations qui ont un besoin urgent de réduire l'encombrement local, d'appliquer un espacement des voies de 12,5 kHz sous réserve qu'il n'en résulte pas de brouillage pour les voies à 25 kHz;

k) que la mise en oeuvre de voies espacées de 12,5 kHz nécessiterait un plan normalisé de numérotation des voies;

l) que certaines administrations envisagent de mettre en oeuvre l'exploitation à une seule fréquence de voies à deux fréquences, comme moyen pour diminuer l'encombrement actuel;

* Cette Recommandation doit être portée à l'attention de l'Organisation maritime internationale (OMI).

** *Note du Secrétariat:* Seuls les Tableaux 1 et 3 à cette Recommandation sont considérés comme incorporés par référence.

m) que ces solutions intérimaires sont appliquées par un système normalisé d'identification automatique, universel de bord pour navires mis au point conformément à la Recommandation UIT-R M.1371 pour répondre aux prescriptions de l'OMI en matière d'emport à bord des navires,

recommande

1 aux administrations, qui doivent résoudre d'urgence un problème d'encombrement, de mettre en oeuvre l'exploitation monofréquence de voies à deux fréquences, à titre de mesure pratique intérimaire;

2 aux administrations, qui doivent résoudre d'urgence le problème d'encombrement, de passer à la modulation de fréquence analogique sur voies espacées de 12,5 kHz, mesure provisoire qui serait un moyen simple d'améliorer l'efficacité d'utilisation du spectre mais qui pourrait avoir une incidence sur les opérations actuelles, en particulier lorsqu'elles concernent les transports maritimes internationaux qui utilisent encore des voies espacées de 25 kHz;

3 aux administrations, lorsqu'elles utilisent la modulation de fréquence analogique à titre intérimaire, avec des voies espacées de 12,5 kHz, d'éviter les voies attribuées aux communications de détresse et de sécurité et les voies affectant la sécurité des transports maritimes internationaux;

4 de faire en sorte que les mesures intérimaires visées aux § 2 et 3 du *recommande* ne portent pas préjudice à la mise en oeuvre de la solution sur le long terme résultant des études en cours, qui pourrait déboucher sur l'utilisation de techniques de pointe et sur un espacement des voies différent de 12,5 kHz;

5 de faire en sorte que les mesures intérimaires visées aux § 2 et 3 du *recommande* ne portent pas préjudice à la mise en oeuvre à plus long terme, par la communauté internationale, d'un unique système international pour les communications de détresse et de sécurité;

6 aux administrations ayant l'intention de résoudre des problèmes d'encombrement actuel par l'utilisation de voies à bande étroite, de considérer l'Annexe 2 comme un guide pour passer de l'espacement de 25 kHz à des espacements entre voies plus étroits;

7 aux administrations ayant l'intention de résoudre des problèmes d'encombrement actuels par l'utilisation de voies à bande étroite d'employer des équipements conformes aux caractéristiques techniques énoncées dans l'Annexe 1 tout en tenant compte des dispositions de l'Appendice 18 du RR;

8 aux administrations mettant en oeuvre sur une base intérimaire un espacement par décalage de 12,5 kHz entre voies à bande étroite entrelacées, de considérer l'Annexe 3 comme un exemple de méthode de mise en oeuvre possible (il existe d'autres méthodes pourvues d'autres caractéristiques que celles décrites dans l'Annexe 3);

9 aux administrations, mettant en oeuvre des voies à bande étroite espacées de 12,5 kHz, de prendre en considération l'Annexe 4 pour la numérotation des nouvelles voies;

10 aux administrations mettant en oeuvre l'exploitation monofréquence de voies à deux fréquences, de prendre en considération le § 3 de l'Annexe 4 pour la numérotation des voies;

11 aux administrations d'envisager, dans toute la mesure possible, la mise en oeuvre des plus récentes techniques numériques ou à bande étroite pour répondre aux futures nécessités opérationnelles et pour optimiser l'utilisation de la bande 156-174 MHz.

ANNEXE 1

Caractéristiques techniques des équipements conçus pour fonctionner avec des voies espacées de 12,5 kHz

Les équipements ayant les caractéristiques ci-après (voir la Note 1) ne doivent être utilisés qu'en conformité avec les dispositions de l'Appendice 18 du RR:

– la tolérance de fréquence pour les émetteurs des stations côtières et des stations de navire ne doit pas excéder 5×10^{-6};

– l'excursion de fréquence ne doit pas être supérieure à ±2,5 kHz.

NOTE 1 – Pour information, d'autres caractéristiques sont fondées sur la Norme européenne de télécommunication (ETS) 300 086 publiée par l'Institut européen des normes de télécommunication (ETSI).

ANNEXE 2

Adoption de voies à bande étroite dans le service mobile maritime

1 Introduction

La présente Annexe traite des modalités selon lesquelles le service mobile maritime pourrait à l'avenir adopter un espacement des voies de 5 ou 6,25 kHz, avec une modulation linéaire ou numérique. On envisage d'abandonner l'espacement de 25 kHz utilisé actuellement ainsi que l'espacement de 12,5 kHz qui pourrait être adopté à titre intérimaire par certaines administrations.

2 Implications de l'adoption de voies à bande étroite

2.1 Changement de système

La méthode la plus pratique et la moins perturbatrice de passer d'un espacement de 25 ou 12,5 kHz à un espacement de 5 ou 6,25 kHz consisterait à intercaler les voies à bande étroite entre les voies plus larges; une technique similaire peut être utilisée dans tous les cas. Toutefois, du fait que les techniques de modulation linéaire et numérique faisant intervenir un espacement de 5 et/ou 6,25 kHz sont incompatibles avec les équipements à modulation de fréquence actuels, il faudrait prévoir des équipements fonctionnant dans les deux modes ou encore des équipements additionnels pendant la période de transition.

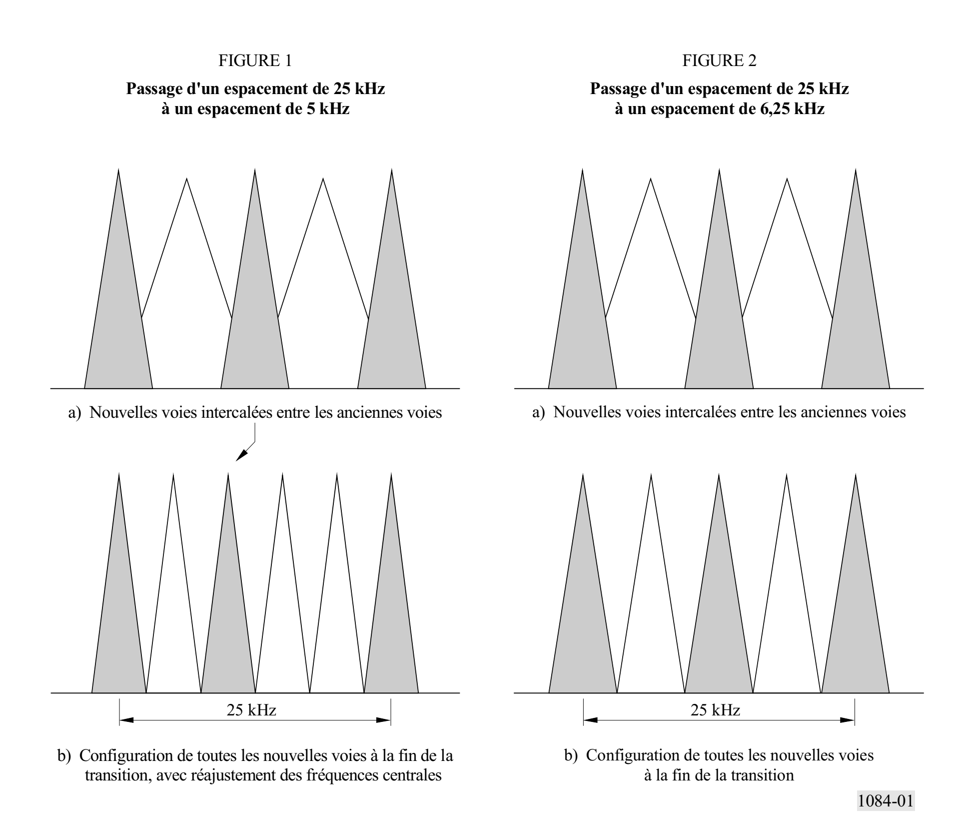
2.2 Insertion

2.2.1 Insertion avec une configuration à espacement de 25 kHz

Les Fig. 1 et 2 montrent comment des voies espacées de 5 ou 6,25 kHz pourraient être insérées avec les voies à espacement actuel de 25 kHz. Pendant la période de transition, les stations côtières et les navires devraient être dotés d'équipements à bande étroite et utiliser les nouvelles voies à bande étroite au fur et à mesure qu'elles deviendraient disponibles. Le nombre de ces voies serait progressivement augmenté pendant la période de transition, tandis que le nombre des voies espacées de 25 kHz disponibles diminuerait d'autant.

A une date spécifiée, toutes les voies espacées de 25 kHz restantes seraient désactivées et remplacées par les nouvelles.

La transition serait relativement simple, sous réserve d'un certain repositionnement des voies ou des limites de bandes.



2.2.2 Insertion avec une configuration à espacement de 12,5 kHz

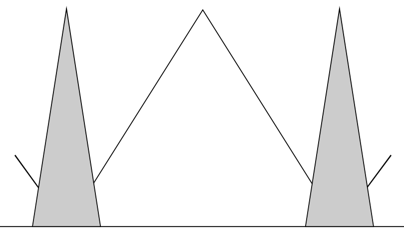
Les Fig. 3 et 4 montrent que le principe d'insertion d'une configuration à espacement de 5 ou 6,25 kHz dans une configuration provisoire à espacement de 12,5 kHz est exactement le même que dans le cas d'un espacement de 25 kHz. Toutefois, la fin de la transition est plus complexe dans le cas d'un espacement de 5 kHz du fait que la voie initialement positionnée au centre de la bande de 25 kHz doit être déplacée de 2,5 kHz.

2.2.3 Insertion avec des configurations à espacement de 25 et de 12,5 kHz

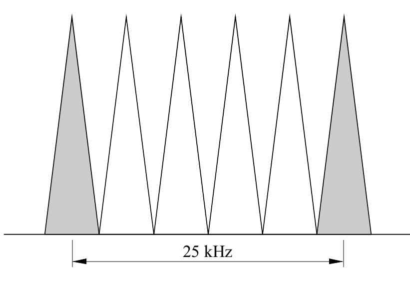
Au cas où certaines administrations adopteraient un espacement de 12,5 kHz à titre de mesure intérimaire, et au cas où des voies espacées de 12,5 kHz auraient été insérées avec des voies espacées de 25 kHz, le passage ultérieur à un espacement de 5 ou 6,25 kHz serait beaucoup plus complexe. La Fig. 5 montre qu'il y aurait un chevauchement avec l'une ou l'autre des voies à bande plus large.

FIGURE 3

Passage d'un espacement de 12,5 kHz à un espacement de 5 kHz



a) Nouvelles voies intercalées entre les anciennes voies

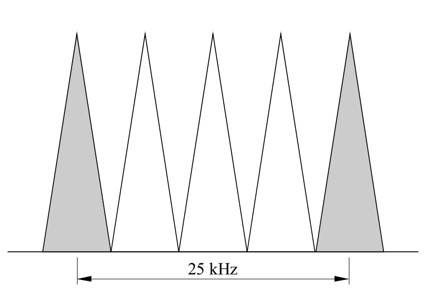


b) Configuration de toutes les nouvelles voies à la fin de la transition

FIGURE 4

Passage d'un espacement de 12,5 kHz à un espacement de 6,25 kHz

a) Nouvelles voies intercalées entre les anciennes voies

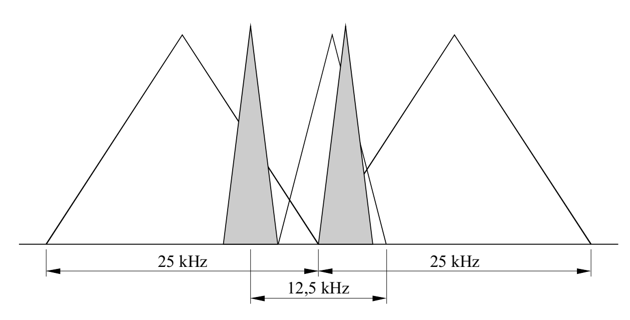


b) Configuration de toutes les nouvelles voies à la fin de la transition

1084-03

FIGURE 5

Superposition d'une nouvelle configuration d'espacement de 5 ou 6,25 kHz, sur une configuration de 12,5 kHz déjà insérée dans un système à espacement de 25 kHz, et augmentation résultante du chevauchement des transmissions. Deux cas possibles représentés



1084-05

3 Brouillages

Dans l'application du processus d'insertion, il faudra minimiser les brouillages mutuels. Des mesures de brouillage et de qualité de fonctionnement co-voie entre voies à modulation linéaire et voies à modulation de fréquence 12,5 kHz intercalées ont été effectuées. Apparemment, aucune information publiée dans le cas des signaux de parole numériques à bande étroite n'est disponible. On peut toutefois raisonnablement supposer qu'une configuration 5-6,25/25 kHz donnerait moins de brouillage et permettrait d'obtenir une meilleure qualité de fonctionnement co-voie qu'avec un espacement de 12,5 kHz.

4 Conclusions

Les modalités de transition vers un espacement de 5 ou de 6,25 kHz seraient analogues. Toutefois, une transition directe à partir d'un espacement de 25 kHz, au lieu d'un passage provisoire par un espacement de 12,5 kHz, serait plus simple, pour les raisons suivantes:

– la planification des voies serait plus facile, et les réalignements de fréquences centrales moins nombreux;

– le problème des chevauchements de voies ne se poserait pas si l'on entrelaçait à titre intérimaire des voies espacées de 12,5 kHz avec des voies espacées de 25 kHz;

– enfin, les risques de brouillage seraient probablement moins importants.

De toute évidence, la procédure devra être soigneusement planifiée, et les outils de planification des fréquences seront fortement mis à contribution. D'autres mesures en conditions réelles et d'autres études seront nécessaires pour rassembler les informations requises.

ANNEXE 3

Exemple de méthode de mise en oeuvre d'un espacement par décalage de 12,5 kHz entre voies à bande étroite entrelacées

Cette méthode peut être utilisée lorsque le décalage de 12,5 kHz est associé, dans le même équipement, à l'exploitation par appel sélectif numérique (ASN) (voir la Note 1) et au décalage de 25 kHz dans un seul équipement.

NOTE 1 – Dans cette mise en œuvre, le fonctionnement ASN est entièrement conforme aux Recommandations UIT-R M.493, UIT-R M.541, UIT-R M.821 et UIT-R M.825.

1 Caractéristiques fonctionnelles du récepteur

1.1 La sensibilité doit être égale ou inférieure à 0,3 μV pour un rapport signal + bruit + distorsion/bruit + distorsion de 12 dB à la sortie du récepteur et pour une tonalité modulée en fréquence à bande étroite (MFBE) à 1 kHz avec une excursion maximale de 2 kHz.

1.2 La sélectivité pour la voie adjacente doit être d'au moins 70 dB pour une voie adjacente décalée de 12,5 kHz.

1.3 L'affaiblissement sur la fréquence parasite et l'affaiblissement des signaux hors bande doivent être d'au moins 75 dB.

1.4 L'affaiblissement des produits d'intermodulation aux fréquences radioélectriques doit être d'au moins 75 dB.

1.5 La puissance d'un quelconque rayonnement parasite par conduction, mesuré aux bornes d'antenne, ne doit pas dépasser 2,0 nW à toute fréquence discrète.

1.6 Le niveau de puissance apparente rayonnée (p.a.r.) du rayonnement non essentiel d'un coffret, à toute fréquence comprise dans une bande de ±70 MHz autour de la porteuse, ne doit pas dépasser 10 nW. A toute fréquence située à plus de 70 MHz de la porteuse, les rayonnements non essentiels ne doivent pas dépasser 10 nW, plus un affaiblissement supplémentaire de –6 dB/octave aux fréquences jusqu'à 1 000 MHz.

1.7 Pour les récepteurs ayant les capacités ASN et MF4C. Dans cette mise en œuvre, la modulation MF4C (MF à 4 niveaux et à enveloppe constante) est compatible avec la modulation par déplacement de phase quadrivalente cohérente (MDP-4C), aussi bien en émission qu'en réception.

1.7.1 Pour le fonctionnement ASN sur voies à 25 kHz, le récepteur doit être capable de recevoir sans erreur tout paquet de données ASN à 0,3 µV.

1.7.2 Pour le fonctionnement ASN sur voies entrelacées (avec un décalage de 12,5 kHz), le récepteur doit être capable de recevoir sans erreur un paquet de données ASN à 0,3 µV avec une excursion maximale réduite de ±2,5 kHz.

1.7.3 Pour le fonctionnement par modulation MF4C à 9 600 bit/s, le récepteur doit être capable de recevoir sans erreur un paquet de données de 512 caractères à 0,5 µV. La correction d'erreur directe (CED) peut être appliquée pour réaliser cette réception exempte d'erreurs.

2 Caractéristiques fonctionnelles de l'émetteur

2.1 La tolérance de fréquence ne doit pas dépasser 1×10^{-6} pour les émetteurs de station côtière et 5×10^{-6} pour les émetteurs de station de navire.

2.2 Les rayonnements non essentiels à fréquence discrète, mesurés dans une charge non réactive égale à l'impédance nominale de sortie de l'émetteur, doivent être conformes aux dispositions de l'Appendice 3 du RR.

2.3 Pour les émetteurs de station côtière, la puissance de porteuse ne doit normalement pas dépasser 50 W (p.a.r.).

2.4 Pour les émetteurs de station de navire, la puissance de porteuse ne doit pas dépasser 25 W et la possibilité doit être donnée de réduire rapidement cette valeur à 1 W ou moins pour le trafic à courte portée.

2.5 L'excursion de fréquence ne doit pas dépasser ±2,5 kHz lors d'émissions sur des voies modulées en MFBE à 12,5 kHz d'espacement. La largeur de bande occupée par ces voies ne doit pas dépasser 11 kHz. Des circuits limiteurs d'excursion doivent être employés de manière que l'excursion maximale de fréquence possible soit indépendante de la fréquence audio d'entrée. Si un commutateur de modulation est employé, une excursion de ±5 kHz doit être admise pour l'exploitation sur voies en modulation de fréquence à bande large (MFBL) à 25 kHz d'espacement.

2.6 La limite supérieure de la bande audiofréquence ne doit pas dépasser 3 kHz.

2.7 La puissance rayonnée par le coffret ne doit pas dépasser 25 µW.

2.8 Les transmissions vocales doivent être modulées en fréquence d'onde métrique de la bande maritime normale, avec une préaccentuation de 6 dB/octave. Cela est nécessaire pour assurer des communications fiables, sûres et compatibles, en haute mer comme sur les voies navigables.

2.9 Pour les émetteurs ayant les capacités ASN et MF4C

2.9.1 Les émetteurs ayant la capacité ASN doivent être au moins conformes aux prescriptions des Recommandations UIT-R M.493, UIT-R M.541 et OMI A.803 (19). Les stations doivent permettre de surveiller les voies en ondes métriques utilisées pour les ASN afin d'y déceler la présence d'un signal et, sauf pour les appels de détresse et de sécurité, doivent permettre d'empêcher automatiquement l'émission d'un ASN tant que la voie n'est pas libre.

2.9.2 Le fonctionnement ASN (à 1 200 bit/s) doit être utilisé chaque fois que la voie 70 est utilisée. Celle-ci ne doit jamais être utilisée comme voie de trafic mais doit être réservée pour les appels internationaux de détresse et de sécurité. La transmission de données à toute autre fin, comme les messages télématiques, la surveillance pour sécurité, le suivi du navire et la surveillance dépendante automatique (ADS, *automated dependent surveillance*), doit être effectuée sur une autre voie de trafic.

2.9.3 La transmission de données à usage général doit être effectuée aussi bien sur les voies à bande large (espacées de 25 kHz) que sur les voies à bande étroite entrelacées (décalées de 12,5 kHz). Elle doit utiliser le protocole ASN dans toute la mesure possible. Des améliorations du protocole ASN devront être recherchées selon les besoins et être coordonnées afin de conserver la conformité réglementaire et d'assurer ainsi l'interopérabilité d'équipements issus de constructeurs différents.

2.9.4 Le fonctionnement ASN (à 1 200 bit/s) sur voies à bande étroite entrelacées (décalées de 12,5 kHz) doit présenter une excursion maximale réduite de ±2,5 kHz.

2.9.5 Les transmissions de données rapides (9 600 bit/s) doivent être effectuées en modulation MF4C avec conformation par filtre en bande de base.

2.9.5.1 Modulation MF4C sur voies décalées de 12,5 kHz

Le modulateur MF4C se compose d'un filtre de Nyquist en cosinus surélevé, monté en cascade avec un filtre conformateur, suivi d'un modulateur de fréquence.

2.9.5.2 Filtre de Nyquist du modulateur MF4C

Les dibits d'information (c'est-à-dire au débit en ligne de 4 800 symboles/s) sont filtrés par un filtre en cosinus surélevé qui répond au critère de Nyquist en minimisant le brouillage entre symboles. Le temps de propagation de groupe de ce filtre est uniforme dans toute la largeur de bande si $|f| < 2\,880$ Hz. La réponse en amplitude du filtre est égale à:

environ 1	pour	$|f| < 1\,920$ Hz
$0,5 + 0,5 \cos (2\pi f / 1\,920)$	pour 1 920 Hz <	$|f| < 2\,880$ Hz
0	pour	$|f| \geq 2\,880$ Hz.

2.9.5.3 Filtre conformateur du modulateur MF4C

Le filtre conformateur a un temps de propagation de groupe uniforme dans toute la largeur de bande si $|f| < 2\,880$ Hz. La réponse en amplitude de ce filtre est de $(\pi\, f / 4\,800)/\sin(\pi\, f / 4\,800)$ pour $|f| < 2\,880$ Hz.

2.9.5.4 Modulateur MF4C

L'excursion de fréquence est de +1,8 kHz pour le dibit 01, de +0,6 kHz pour le dibit 00, de –0,6 kHz pour le dibit 10, et de –1,8 kHz pour le dibit 11.

ANNEXE 4

Numérotation des voies entrelacées et exploitation en voies simplex de voies duplex dans la bande des ondes métriques maritimes

1 Attribution de numéros aux voies à bande étroite entrelacées (décalées de 12,5 kHz).

NUMÉRO DE VOIE Première voie à 25 kHz	 Voies entrelacées à 12,5 kHz d'espacement	 Deuxième voie à 25 kHz	STATIONS DE NAVIRE	STATIONS DE NAVIRE ET CÔTIÈRES	STATIONS CÔTIÈRES
		60	156,025		160,625
	260		156,0375		160,6375
01			156,050		160,650
	201		156,0625		160,6625
		61	156,075		160,675
	261		156,0875		160,6875
02			156,100		160,700
	202		156,1125		160,7125
		62	156,125		160,725
	262		156,1375		160,7375
03			156,150		160,750
	203		156,1625		160,7625
		63	156,175		160,775
	263		156,1875		160,7875
04			156,200		160,800
	204		156,2125		160,8125
		64	156,225		160,825
	264		156,2375		160,8375
05			156,250		160,850
	205		156,2625		160,8625
		65	156,275		160,875
	265		156,2875		160,8875
06				156,300	
	206		156,3125		160,9125
		66	156,325		160,925
	266		156,3375		160,9375
07			156,350		160,950
	207		156,3625		160,9625
		67		156,375	
	267			156,3875	
08				156,400	
	208			156,4125	
		68		156,425	
	268			156,4375	

NUMÉRO DE VOIE			STATIONS DE NAVIRE	STATIONS DE NAVIRE ET CÔTIÈRES	STATIONS CÔTIÈRES
Première voie à 25 kHz	Voies entrelacées à 12,5 kHz d'espacement	Deuxième voie à 25 kHz			
09				156,450	
	209			156,4625	
		69		156,475	
	269			156,4875	
10				156,500	
	210			156,5125	Bande de garde ASN
		70		156,525	**Appels, détresse et sécurité ASN**
	270			156,5375	Bande de garde ASN
11				156,550	
	211			156,5625	
		71		156,575	
	271			156,5875	
12				156,600	
	212			156,6125	
		72		156,625	
	272			156,6375	
13				156,650	
	213			156,6625	
		73		156,675	
	273			156,6875	
14				156,700	
	214			156,7125	
		74		156,725	
	274			156,7375	
15				156,750	
	215			156,7625	
		75		156,775	Bande de garde
	275			156,7875	Bande de garde
16				**156,800**	**Appels, détresse et sécurité**
	216			156,8125	Bande de garde
		76		156,825	Bande de garde
	276			156,8375	
17				156,850	
	217			156,8625	
		77		156,875	
	277			156,8875	
18			156,900		161,500
	218		156,9125		161,5125
		78	156,925		161,525
	278		156,9375		161,5375
19			156,950		161,550
	219		156,9625		161,5625

NUMÉRO DE VOIE			STATIONS DE NAVIRE	STATIONS DE NAVIRE ET CÔTIÈRES	STATIONS CÔTIÈRES
Première voie à 25 kHz	Voies entrelacées à 12,5 kHz d'espacement	Deuxième voie à 25 kHz			
		79	156,975		161,575
	279		156,9875		161,5875
20			157,000		161,600
	220		157,0125		161,6125
		80	157,025		161,625
	280		157,0375		161,6375
21			157,050		161,650
	221		157,0625		161,6625
		81	157,075		161,675
	281		157,0875		161,6875
22			157,100		161,700
	222		157,1125		161,7125
		82	157,125		161,725
	282		157,1375		161,7375
23			157,150		161,750
	223		157,1625		161,7625
		83	157,175		161,775
	283		157,1875		161,7875
24			157,200		161,800
	224		157,2125		161,8125
		84	157,225		161,825
	284		157,2375		161,8375
25			157,250		161,850
	225		157,2625		161,8625
		85	157,275		161,875
	285		157,2875		161,8875
26			157,300		161,900
	226		157,3125		161,9125
		86	157,325		161,925
	286		157,3375		161,9375
27			157,350		161,950
	227		157,3625		161,9625
		87	157,375		161,975
	287		158,3875		161,9875
28			157,400		162,000
	228		157,4125		162,0125
		88	157,425		162,025

2 Extension des attributions de numéros aux voies pour le passage à l'espacement de 6,25 kHz à partir de l'espacement actuel de 25 kHz des voies, avec entrelacement de voies décalées de 12,5 kHz. (Cette séquence de numérotation est donnée à titre d'exemple.)

NUMÉRO DE VOIE (à 6,25 kHz d'espacement)	STATIONS DE NAVIRE	STATIONS DE NAVIRE ET CÔTIÈRES	STATIONS CÔTIÈRES
60	156,025		160,625
160	156,03125		160,63125
260	156,0375		160,6375
360	156,04375		160,64375
01	156,050		160,650
101	156,05625		160,65625
201	156,0625		160,6625
301	156,06875		160,66875
61	156,075		160,675

3 Attribution de numéro de voie pour l'exploitation simplex de voies duplex. (Cette séquence de numérotation est donnée à titre d'exemple.)

NUMÉRO DE VOIE	STATIONS DE NAVIRE	STATIONS DE NAVIRE ET CÔTIÈRES	STATIONS CÔTIÈRES
Pour l'exploitation duplex normale:			
60	156,025	–	160,625
Pour l'exploitation simplex d'une fréquence de station de navire:			
1 060 (voir la Note 1)	–	156,025	–
Pour l'exploitation simplex d'une fréquence de station côtière:			
2 060 (voir la Note 1)	–	160,625	–

NOTE 1 – Cette méthode de numérotation d'une voie duplex utilisée pour l'exploitation en simplex est conforme au Tableau 13 de la Recommandation UIT-R M.493.

4 Attribution de numéro de voie pour l'exploitation en bande étroite (12,5 kHz) sur des voies à 25 kHz (cette séquence de numérotation est donnée à titre d'exemple).

NUMÉRO DE VOIE	STATIONS DE NAVIRE	STATIONS DE NAVIRE ET CÔTIÈRES	STATIONS CÔTIÈRES
Pour l'exploitation normale:			
60	156,025	–	160,625
Pour l'exploitation à 12,5 kHz sur voie à 25 kHz:			
460	156,025	–	160,625

RECOMMANDATION UIT-R SM.1138-2

Détermination des largeurs de bande nécessaires, exemples de calcul de la largeur de bande nécessaire et exemples connexes de désignation des émissions

(1995-2007-2008)

Domaine de compétence

La présente Recommandation sert de base pour déterminer des largeurs de bande nécessaires d'émissions dans le cas d'une modulation d'amplitude, de fréquence ou par impulsions au moyen de divers types de signaux. Elle donne par ailleurs des exemples de calculs et de désignation des émissions.

L'Assemblée des radiocommunications de l'UIT,

considérant

a) que pour attribuer des fréquences, il est nécessaire de déterminer la largeur de bande nécessaire des émissions;

b) que la largeur de bande nécessaire est un élément de données fondamental de tous les systèmes automatisés de gestion du spectre,

recommande

1 d'utiliser les formules qui figurent à l'Annexe 1 pour calculer la largeur de bande nécessaire, lorsque celle-ci est reprise par le Règlement des radiocommunications (RR).

Annexe 1

Détermination des largeurs de bande nécessaires, exemples de calcul de la largeur de bande nécessaire et exemples connexes de désignation des émissions

1 La largeur de bande nécessaire ainsi déterminée n'est pas la seule caractéristique d'une émission qu'il convient de prendre en considération lorsqu'il s'agit d'évaluer le brouillage que cette émission est susceptible de causer.

2 Dans la rédaction du tableau, les notations suivantes ont été utilisées:

B_n: largeur de bande nécessaire (Hz)

B: rapidité de modulation (Bd)

N: nombre maximal possible des éléments «noirs plus blancs» à transmettre par seconde dans le cas du fac-similé

M: fréquence maximale de modulation (Hz)

C: fréquence de la sous-porteuse (Hz)

D: excursion de crête, c'est-à-dire la moitié de la différence entre les valeurs maximale et minimale de la fréquence instantanée. La fréquence instantanée (Hz) s'obtient en divisant la vitesse de variation de la phase, (rad) par 2 π

t: durée de l'impulsion à mi-amplitude (s)

t_r: temps de montée de l'impulsion entre 10% et 90% d'amplitude (s)

K: facteur numérique général, qui varie suivant l'émission et qui dépend de la distorsion admissible du signal. En cas de signal multiporteuses avec multiplexage par répartition orthogonale de la fréquence, K est le nombre de sous-porteuses actives, tel que défini dans la formule (52) de la Recommandation UIT-R SM.328

N_c: nombre de voies dans la bande de base dans les systèmes radioélectriques multiplex à plusieurs voies

f_p: fréquence de la sous-porteuse pilote de continuité (Hz) (signal continu utilisé pour contrôler la qualité de fonctionnement des systèmes à multiplexage par répartition en fréquence)

N_s: séparation de fréquence entre les deux sous-porteuses (kHz).

Description de l'émission	Largeur de bande nécessaire		Désignation de l'émission
	Formule	Exemple de calcul	
I. PAS DE SIGNAL MODULANT			
Onde entretenue pure	–	–	Aucune
II. MODULATION D'AMPLITUDE			
1. Signal contenant de l'information quantifiée ou numérique			
Télégraphie à ondes entretenues, code Morse	$B_n = BK$ $K = 5$ pour les liaisons affectées d'évanouissements $K = 3$ pour les liaisons sans évanouissements	25 mots par minute $B = 20$, $K = 5$ Largeur de bande: 100 Hz	100HA1AAN
Télégraphie à manipulation par tout ou rien d'une porteuse modulée par une fréquence audible, code Morse	$B_n = BK + 2M$ $K = 5$ pour les liaisons affectées d'évanouissements $K = 3$ pour les liaisons sans évanouissements	25 mots par minute $B = 20$, $M = 1\ 000$, $K = 5$ Largeur de bande: 2 100 Hz = 2,1 kHz	2K10A2AAN
Signal d'appel sélectif avec emploi d'un code séquentiel à une seule fréquence, bande latérale unique, onde porteuse complète	$B_n = M$	Fréquence maximale du code = 2 110 Hz, $M = 2\ 110$ Largeur de bande: 2 110 Hz = 2,11 kHz	2K11H2BFN
Télégraphie à impression directe, avec emploi d'une sous-porteuse modulante à déplacement de fréquence, correction des erreurs, bande latérale unique, onde porteuse supprimée (une seule voie)	$B_n = 2M + 2DK$ $M = \frac{B}{2}$	$B = 50$ $D = 35$ Hz (déplacement 70 Hz) $K = 1{,}2$ Largeur de bande: 134 Hz	134HJ2BCN
Télégraphie harmonique multivoie avec correction des erreurs, quelques voies sont multiplexées par répartition dans le temps, bande latérale unique, onde porteuse réduite	B_n = fréquence centrale la plus élevée M DK $M = \frac{B}{2}$	15 voies Fréquence centrale la plus élevée = 2 805 Hz $B = 100$ $D = 42{,}5$ Hz (déplacement 85 Hz) $K = 0{,}7$ Largeur de bande: 2 885 Hz = 2,885 kHz	2K89R7BCW

Description de l'émission	Largeur de bande nécessaire		Désignation de l'émission
	Formule	Exemple de calcul	
2. Téléphonie (qualité commerciale)			
Téléphonie, double bande latérale (une seule voie)	$B_n = 2M$	$M = 3\ 000$ Largeur de bande: 6 000 Hz = 6 kHz	6K00A3EJN
Téléphonie, bande latérale unique, onde porteuse complète (une seule voie)	$B_n = M$	$M = 3\ 000$ Largeur de bande: 3 000 Hz = 3 kHz	3K00H3EJN
Téléphonie, bande latérale unique, onde porteuse supprimée (une seule voie)	$B_n = M$ – fréquence de modulation la plus basse	$M = 3\ 000$ Fréquence de modulation la plus basse = 300 Hz Largeur de bande: 2 700 Hz = 2,7 kHz	2K70J3EJN
Téléphonie avec signaux distincts modulés en fréquence pour régler le niveau du signal vocal démodulé, bande latérale unique, onde porteuse réduite (Lincompex) (une seule voie)	$B_n = M$	Fréquence maximale de réglage = 2 990 Hz $M = 2\ 990$ Largeur de bande: 2 990 Hz = 2,99 kHz	2K99R3ELN
Téléphonie avec dispositif de secret, bande latérale unique, onde porteuse supprimée (deux voies ou plus)	$B_n = N_c\ M$ – fréquence de modulation la plus basse dans la voie la plus basse	$N_c = 2$ $M = 3\ 000$ Fréquence de modulation la plus basse = 250 Hz Largeur de bande: 5 750 Hz = 5,75 kHz	5K75J8EKF
Téléphonie, bande latérale indépendante (deux voies ou plus)	B_n = somme de M pour chaque bande latérale	2 voies $M = 3\ 000$ Largeur de bande: 6 000 Hz = 6 kHz	6K00B8EJN
3. Radiodiffusion sonore			
Radiodiffusion sonore, double bande latérale	$B_n = 2M$ M peut varier entre 4 000 et 10 000 selon la qualité désirée	Parole et musique, $M = 4\ 000$ Largeur de bande: 8 000 Hz = 8 kHz	8K00A3EGN
Radiodiffusion sonore, bande latérale unique, onde porteuse réduite (une seule voie)	$B_n = M$ M peut varier entre 4 000 et 10 000 selon la qualité désirée	Parole et musique, $M = 4\ 000$ Largeur de bande: 4 000 Hz = 4 kHz	4K00R3EGN
Radiodiffusion sonore, bande latérale unique, onde porteuse supprimée	$B_n = M$ – fréquence de modulation la plus basse	Parole et musique, $M = 4\ 500$ Fréquence de modulation la plus basse = 50 Hz Largeur de bande: 4 450 Hz = 4,45 kHz	4K45J3EGN
4. Télévision			
Télévision, image et son	Pour les largeurs de bande communément utilisées pour les systèmes de télévision, voir les documents correspondants de l'UIT-R	Nombre de lignes: 625 Largeur de bande vidéo nominale = 5 MHz Porteuse sonore par rapport à la porteuse image: 5,5 MHz Largeur de bande totale pour l'image: 6,25 MHz Largeur de la voie de transmission sonore modulée en fréquence, y compris les bandes de garde: 750 kHz Largeur de bande de la voie aux fréquences radioélectriques: 7 MHz	6M25C3F -- 750KF3EGN

Description de l'émission	Largeur de bande nécessaire		Désignation de l'émission
	Formule	Exemple de calcul	
5. Fac-similé			
Fac-similé analogique par modulation en fréquence de la sous-porteuse d'une émission à bande latérale unique, onde porteuse réduite, noir et blanc	$B_n = C + \frac{N}{2} + DK$ K = 1,1 (valeur type)	N = 1 100 correspondant à un module de coopération de 352 et à une vitesse de rotation du cylindre de 60 tours par minute. Le module de coopération est le produit du diamètre du cylindre et du nombre de lignes par unité de longueur. C = 1 900 D = 400 Hz Largeur de bande: 2 890 Hz = 2,89 kHz	2K89R3CMN
Fac-similé analogique; modulation en fréquence d'une sous-porteuse audiofréquence modulant la porteuse principale, bande latérale unique, onde porteuse supprimée	$B_n = 2M + 2DK$ $M = \frac{N}{2}$ K = 1,1 (valeur type)	N = 1 100 D = 400 Hz Largeur de bande: 1 980 Hz = 1,98 kHz	1K98J3C --
6. Emissions composites			
Double bande latérale, faisceau hertzien de télévision	$B_n = 2C + 2M + 2D$	Fréquences vidéo limitées à 5 MHz, son sur sous-porteuse 6,5 MHz modulée en fréquence avec excursion de 50 kHz: $C = 6{,}5 = 10^6$ $D = 50 = 10^3$ Hz M = 15 000 Largeur de bande: 13,13 × 10^6 Hz = 13,13 MHz	13M1A8W --
Double bande latérale, faisceau hertzien, multiplexage par répartition en fréquence	$B_n = 2M$	10 voies téléphoniques occupant la bande de base 1-164 kHz M = 164 000 Largeur de bande: 328 000 Hz = 328 kHz	328KA8E --
Double bande latérale de VOR avec téléphonie (VOR: radiophare d'alignement équidirectif VHF)	$B_n = 2C_{max} + 2M + 2DK$ K = 1 (valeur type)	La porteuse principale est modulée par: – une sous-porteuse de 30 Hz – une porteuse résultant d'une tonalité de 9 960 Hz modulée en fréquence par une tonalité de 30 Hz – une voie téléphonique – une tonalité de 1 020 Hz manipulée pour identification continue en Morse C_{max} = 9 960 M = 30 D = 480 Hz Largeur de bande: 20 940 Hz = 20,94 kHz	20K9A9WWF
Bandes latérales indépendantes; plusieurs voies télégraphiques avec correction d'erreurs, ainsi que plusieurs voies téléphoniques avec dispositif de secret; multiplexage par répartition en fréquence	B_n = somme de M pour chaque bande latérale	Normalement, les systèmes composites sont exploités conformément aux dispositions normalisées des voies (par exemple Rec. UIT-R F.348). Pour 3 voies téléphoniques et 15 voies télégraphiques, la largeur de bande nécessaire est de: 12 000 Hz = 12 kHz	12K0B9WWF

Description de l'émission	Largeur de bande nécessaire		Désignation de l'émission
	Formule	Exemple de calcul	
7. Fréquences étalon et signaux horaires 7.1 Haute fréquence (voix)			
Annonces vocales, double bande latérale	$B_n = 2M$	Parole $M = 4\,000$ Largeur de bande: 8 000 Hz = 8 kHz	8K00A3XGN
7.2 Fréquence élevée (code temporel)			
Code temporel, tel que la télégraphie	$B_n = BK + 2M$	$B = 1/\text{s}$ $M = 1$ $K = 5$ Largeur de bande: 7 Hz	7H00A2XAN
7.3 Basse fréquence (code temporel)			
Code temporel, tel que télégraphie	$B_n = BK + 2M$	$B = 1/\text{s}$ $M = 1$ $K = 3$ Largeur de bande: 5 Hz	5H00A2XAN
III-A. MODULATION DE FRÉQUENCE			
1. Signal contenant de l'information quantifiée ou numérique			
Télégraphie sans correction d'erreurs (une seule voie)	$B_n = 2M + 2DK$ $M = \frac{B}{2}$ $K = 1,2$ (valeur type)	$B = 100$ $D = 85$ Hz (déplacement 170 Hz) Largeur de bande: 304 Hz	304HF1BBN
Télégraphie à impression directe à bande étroite, avec correction d'erreurs (une seule voie)	$B_n = 2M + 2DK$ $M = \frac{B}{2}$ $K = 1,2$ (valeur type)	$B =- 100$ $D = 85$ Hz (déplacement 170 Hz) Largeur de bande: 304 Hz	304HF1BCN
Signal d'appel sélectif	$B_n = 2M + 2DK$ $M = \frac{B}{2}$ $K = 1,2$ (valeur type)	$B = 100$ $D = 85$ Hz (déplacement 170 Hz) Largeur de bande: 304 Hz	304HF1BCN
Télégraphie duplex à 4 fréquences	$B_n = 2M + 2DK$ B: rapidité de modulation (Bd) de la voie la plus rapide. Si les voies sont synchronisées: $M = \frac{B}{2}$ (autrement, $M = 2B$) $K = 1,1$ (valeur type)	Espacement entre fréquences adjacentes = 400 Hz Voies synchronisées $B = 100$ $M = 50$ $D = 600$ Hz Largeur de bande: 1 420 Hz = 1,42 kHz	1K42F7BDX
2. Téléphonie (qualité commerciale)			
Téléphonie commerciale	$B_n = 2M + 2DK$ $K = 1$ (valeur type mais, dans certaines conditions, des valeurs plus grandes de K peuvent être nécessaires)	Cas moyen de téléphonie commerciale $D = 5\,000$ Hz $M = 3\,000$ Largeur de bande: 16 000 Hz = 16 kHz	16K0F3EJN
3. Radiodiffusion sonore			
Radiodiffusion sonore	$B_n = 2M + 2DK$ $K = 1$ (valeur type)	Monophonique $D = 75\,000$ Hz $M = 15\,000$ Largeur de bande: 180 000 Hz = 180 kHz	180KF3EGN

Description de l'émission	Largeur de bande nécessaire		Désignation de l'émission
	Formule	Exemple de calcul	
4. Fac-similé			
Fac-similé par modulation directe en fréquence de la porteuse; noir et blanc	$B_n = 2M + 2DK$ $M = \frac{N}{2}$ $K = 1{,}1$ (valeur type)	N = 1 100 éléments par seconde D = 400 Hz Largeur de bande: 1 980 Hz = 1,98 kHz	1K98F1C --
Fac-similé analogique	$B_n = 2M + 2DK$ $M = \frac{N}{2}$ $K = 1{,}1$ (valeur type)	N = 1 100 éléments par seconde D = 400 Hz Largeur de bande: 1 980 Hz = 1,98 kHz	1K98F3C --
5. Emissions composites (voir le Tableau III-B)			
Faisceau hertzien, multiplexage par répartition en fréquence	$B_n = 2f_p + 2DK$ $K = 1$ (valeur type)	60 voies téléphoniques occupant la bande de base 60-300 kHz; excursion efficace par voie = 200 kHz; la fréquence pilote de continuité (331 kHz) donne lieu à une excursion efficace de la porteuse principale de 100 kHz. $D = 200 \times 10^3 \times 3{,}76 \times 2{,}02$ $= 1{,}52 \times 10^6$ Hz $f_p = 0{,}331 \times 10^6$ Hz Largeur de bande: $3{,}702 \times 10^6$ Hz = 3,702 MHz	3M70F8EJF
Faisceau hertzien, multiplexage par répartition en fréquence	$B_n = 2M + 2DK$ $K = 1$ (valeur type)	960 voies téléphoniques occupant la bande de base 60-4 028 kHz; excursion efficace par voie = 200 kHz; la fréquence pilote de continuité (4 715 kHz) donne lieu à une excursion efficace de la porteuse principale de 140 kHz. $D = 200 \times 10^3 \times 3{,}76 \times 5{,}5$ $= 4{,}13 \times 10^6$ Hz $M = 4{,}028 \times 10^6$ $f_p = 4{,}715 \times 10^6$ $(2M + 2DK) > 2\,f_p$ Largeur de bande: $16{,}32 \times 10^6$ Hz = 16,32 MHz	16M3F8EJF
Faisceau hertzien, multiplexage par répartition en fréquence	$B_n = 2f_p$	600 voies téléphoniques occupant la bande de base 60-2 540 kHz; excursion efficace par voie = 200 kHz; la fréquence pilote de continuité (8 500 kHz) donne lieu à une excursion efficace de la porteuse principale de 140 kHz. $D = 200 \times 10^3 \times 3{,}76 \times 4{,}36$ $= 3{,}28 \times 10^6$ Hz $M = 2{,}54 \times 10^6$ $K = 1$ $f_p = 8{,}5 \times 10^6$ $(2M + 2DK) < 2\,f_p$ Largeur de bande: 17×10^6 Hz = 17 MHz	17M0F8EJF
Radiodiffusion sonore stéréophonique avec sous-porteuse subsidiaire de téléphonie multiplexée	$B_n = 2M + 2DK$ $K = 1$ (valeur type)	Système à fréquence pilote M = 75 000 D = 75 000 Hz Largeur de bande: 300 000 Hz = 300 kHz	300KF8EHF

III-B. FACTEURS DE MULTIPLICATION À UTILISER POUR CALCULER D, EXCURSION DE FRÉQUENCE DE CRÊTE, DANS LES ÉMISSIONS MULTIVOIES À MODULATION DE FRÉQUENCE ET MULTIPLEXAGE PAR RÉPARTITION EN FRÉQUENCE (MF-MRF)	
Pour les systèmes MF-MRF, la largeur de bande nécessaire est: $B_n = 2M + 2DK$ On calcule la valeur de D, ou excursion de fréquence de crête dans les formules pour B_n en multipliant la valeur efficace d'excursion par voie par le «facteur multiplicatif» approprié indiqué ci-dessous. Dans le cas où une onde pilote de continuité de fréquence f_p est présente au-dessus de la fréquence maximale de modulation M, la formule générale prend la forme suivante: $B_n = 2f_p + 2DK$ Dans le cas où l'indice de modulation de la porteuse principale produit par l'onde pilote est inférieur à 0,25 et où la valeur efficace de l'excursion de fréquence de la porteuse principale produite par l'onde pilote est inférieure ou égale à 70% de la valeur efficace de l'excursion par voie, la formule générale prend celle des deux formes ci-après qui donne la valeur la plus grande: $B_n = 2f_p$ ou $B_n = 2M + 2DK$	
	Facteur multiplicatif[(1)]
Nombre de voies téléphoniques N_c	$(\text{Facteur de crête}) \times \text{antilog} \left[\frac{\text{Valeur en dB au-dessus du niveau de modulation de référence}}{20} \right]$
$3 < N_c < 12$	$4{,}47 \times \text{antilog} \left[\frac{\text{Une valeur en dB spécifiée par le constructeur de l'équipement ou par l'exploitant de la station, sous réserve de l'approbation de l'administration}}{20} \right]$
$12 \leq N_c < 60$	$3{,}76 \times \text{antilog} \left[\frac{2{,}6 + 2 \log N_c}{20} \right]$
	Facteur multiplicatif[(2)]
Nombre de voies téléphoniques N_c	$(\text{Facteur de crête}) \times \text{antilog} \left[\frac{\text{Valeur en dB au-dessus du niveau de modulation de référence}}{20} \right]$
$60 \leq N_c < 240$	$3{,}76 \times \text{antilog} \left[\frac{-1 + 4 \log N_c}{20} \right]$
$N_c \geq 240$	$3{,}76 \times \text{antilog} \left[\frac{-15 + 10 \log N_c}{20} \right]$

(1) Dans ce tableau, les facteurs multiplicatifs 3,76 et 4,47 correspondent respectivement à des facteurs de crête de 11,5 et 13,0 dB.

(2) Dans ce tableau, le facteur multiplicatif 3,76 correspond à un facteur de crête de 11,5 dB.

Description de l'émission	Largeur de bande nécessaire		Désignation de l'émission
	Formule	Exemple de calcul	
IV. MODULATION PAR IMPULSIONS			
1. Radar			
Emission d'impulsions non modulées	$B_n = \frac{2K}{t}$ K dépend du rapport entre la durée de l'impulsion et le temps de montée de l'impulsion. Sa valeur se situe généralement entre 1 et 10 et, dans de nombreux cas, sa valeur n'a pas besoin de dépasser 6	Radar primaire Pouvoir séparateur en distance = 150 m K = 1,5 (impulsion triangulaire où $t \simeq t_r$, seules les composantes les plus fortes jusqu'à 27 dB étant prises en considération) D'où: $t = \left[\frac{2 \times (\text{pouvoir séparateur en distance})}{\text{vitesse de la lumière}}\right]$ $= \frac{2 \times 150}{3 \times 10^8}$ $= 1 \times 10^{-6}$ s Largeur de bande: 3×10^6 Hz = 3 MHz	3M00P0NAN
2. Emissions composites			
Faisceau hertzien	$B_n = \frac{2K}{t}$ $K = 1{,}6$	Impulsions modulées en position par une bande de base de 36 voies téléphoniques; durée de l'impulsion à mi-amplitude = 0,4 µs Largeur de bande: 8×10^6 Hz = 8 MHz (Largeur de bande indépendante du nombre de voies téléphoniques)	8M00M7EJT
3. Fréquences étalon et signaux horaires 3.1 Haute fréquence (salves de tonalité)			
Impulsions utilisées pour la mesure d'intervalles	$B_n = 2/t_r$	t_r = 1 ms Largeur de bande: 2 000 Hz = 2 kHz	2K00K2XAN
3.2 Basse fréquence (code temporel)			
Partie principale du code temporel utilisée pour la mesure de la phase	$B_n = 2/t_r$	t_r = 1 ms Largeur de bande = 2 000 Hz = 2 kHz	2K00K2XAN
V. DIVERS			
Multiplexage par répartition orthogonale de la fréquence (MROF) ou MROF codé (MROFC)	$B_n = N_s \cdot K$	53 sous-porteuses actives sont utilisées, chacune espacée de 312,5 kHz (K = 53 et N_s = 312,5 kHz). Les sous-porteuses de données peuvent être modulées MDPB, MDPQ ou MAQ B_n = 312,5 kHz × 53 = 16,6 MHz	16M6W7D

RECOMMANDATION UIT-R SA.1154*,**

Dispositions propres à assurer la protection des services de recherche spatiale (SRS), d'exploitation spatiale (SES) et d'exploration de la Terre par satellite (SETS) et à faciliter le partage avec le service mobile dans les bandes 2025-2110 MHz et 2200-2290 MHz

(1995)

L'Assemblée des radiocommunications de l'UIT,

considérant

a) que les bandes 2025-2110 MHz et 2200-2290 MHz sont attribuées à titre primaire à trois des services scientifiques spatiaux (SRS, SES, et SETS), au service fixe et au service mobile, ce dernier étant soumis aux dispositions des numéros 5.391 et 5.392 du Règlement des radiocommunications;

b) que la Conférence administrative mondiale des radiocommunications chargée d'étudier les attributions de fréquences dans certaines parties du spectre (Malaga-Torremolinos, 1992) (CAMR-92), dans sa Résolution N° 211, invite l'ex-CCIR à poursuivre l'étude de dispositions propres à protéger les services scientifiques spatiaux fonctionnant dans les bandes 2025-2110 MHz et 2200-2290 MHz contre les brouillages préjudiciables provenant d'émissions de stations du service mobile et à communiquer les résultats de ses travaux à la prochaine conférence compétente;

c) que les services SRS, SES et SETS sont de plus en plus utilisés dans ces bandes de fréquences par les stations spatiales sur orbite basse;

d) que l'introduction des futurs systèmes mobiles terrestres à forte densité de stations mobiles ou de systèmes mobiles terrestres classiques dans les bandes 2025-2110 MHz et 2200-2290 MHz causerait des brouillages inacceptables aux services SRS, SES et SETS; pour un complément d'information, voir l'Annexe 1;

e) que selon certaines études, des systèmes mobiles spécifiques à faible densité de stations mobiles, tels que ceux décrits dans l'Annexe 2, pourraient utiliser les bandes 2025-2110 MHz et 2200-2290 MHz en partage avec les services SRS, SES et SETS;

f) que dans certains pays, les services scientifiques spatiaux sont exploités avec succès depuis de nombreuses années en partage avec les systèmes mobiles de reportage d'actualités (ENG) à faible densité de stations mobiles (voir l'Annexe 3) et les systèmes mobiles aéronautiques de télémesure (voir l'Annexe 4), sans restrictions, encore que des restrictions s'imposeront peut-être ultérieurement étant donné le rythme auquel on prévoit que ces systèmes se développeront;

g) que les services scientifiques spatiaux exploités dans la bande 2200-2290 MHz sont plus sensibles aux brouillages que ces mêmes services exploités dans la bande 2025-2110 MHz car les antennes à gain élevé des satellites relais de données géostationnaires sont pointées en direction de la Terre lorsqu'elles assurent la poursuite d'un engin spatial sur orbite basse;

h) que, sur l'ensemble des critères de protection imposés aux trois services scientifiques spatiaux, ceux imposés au service SRS sont les plus stricts et offrent une protection satisfaisante aux services SRS, SES et SETS;

---

* Cette Recommandation doit être portée à l'attention des Commissions d'études 4, 8 et 9 des radiocommunications.

** La Commission d'études 7 des radiocommunications a apporté des modifications rédactionnelles à cette Recommandation en 2003 conformément à la Résolution UIT-R 44.

j) que la Recommandation UIT-R SA.609 (§ 1, 1.1, 1.2 et 2) spécifie les critères de protection applicables au service SRS;

k) que les critères de protection de la Recommandation UIT-R SA.609 ont été utilisés à maintes reprises dans les études de partage et sont communément admis;

l) que les services SRS, SES et SETS utilisent les bandes 2025-2110 MHz et 2200-2290 MHz pour les radiocommunications Terre-espace, espace-Terre et espace-espace. Les liaisons espace-espace supposent généralement l'utilisation d'un satellite relais de données du type décrit dans le système fictif de référence des Recommandations UIT-R SA.1020 et UIT-R SA.1018. Les critères de partage doivent tenir compte des impératifs de protection des liaisons de radiocommunication établies par satellite relais de données dans les bandes 2025-2110 MHz et 2200-2290 MHz;

m) que pour la protection des services SRS, SES et SETS, pour les liaisons Terre-espace et espace-Terre, un rapport bruit/brouillage de 6 dB, se traduisant par une dégradation de 1 dB, est considéré comme étant suffisant dans la plupart des cas;

n) que, compte tenu des marges généralement faibles (2 dB, voire moins) imposées aux liaisons espace-espace, un rapport bruit/brouillage de 10 dB, se traduisant par une dégradation de 0,4 dB, est considéré comme étant nécessaire pour les liaisons espace-espace des satellites relais de données;

o) que les bandes considérées ici sont utilisées en partage avec le service fixe et le service mobile. Chaque service est présumé contribuer pour la moitié au brouillage total causé à l'engin spatial. En raison de la coordination prévue, on admet par hypothèse qu'un seul des services cause des brouillages à une station terrienne;

p) que les satellites relais de données sont généralement placés sur l'orbite des satellites géostationnaires (OSG);

q) que la bande 2025-2110 MHz est utilisée pour les liaisons Terre-espace du SRS, du SES et du SETS à destination de l'engin spatial sur orbite basse ou de l'engin spatial sur l'OSG. Cette bande est également utilisée pour les liaisons espace-espace du SRS, du SES et du SETS, qui sont généralement des liaisons de radiocommunication entre un engin spatial sur orbite basse et un satellite relais de données;

r) que la bande 2200-2290 MHz est utilisée pour les liaisons espace-Terre du SRS, du SES et du SETS à partir d'engins spatiaux sur orbite basse ou sur l'OSG. Cette bande est également utilisée pour les liaisons espace-espace du SRS, du SES et du SETS, généralement pour des émissions de radiocommunication d'un engin spatial sur orbite basse à destination d'un satellite relais de données;

s) que les termes de densité appliqués aux systèmes mobiles se rapportent au nombre de systèmes et à la répartition du parc de terminaux de ces systèmes,

reconnaissant

1 que la spécification d'un nombre maximal de stations mobiles dans le monde entier, fonctionnant dans les bandes 2025-2110 MHz et 2200-2290 MHz, tel que le niveau de brouillage total ne dépasse pas les critères de partage, peut constituer une solution technique valable, encore que parfois peu pratique à mettre en œuvre,

reconnaissant en outre

1 qu'une certaine combinaison des caractéristiques techniques et de fonctionnement de systèmes mobiles particuliers facilite le partage et que le partage entre ces systèmes mobiles et les services SRS, SES et SETS peut être décrit tant en termes qualitatifs que quantitatifs,

recommande

1 que les dispositions suivantes soient appliquées pour protéger les services SRS, SES et SETS contre l'ensemble des brouillages causés par les émissions des systèmes mobiles dans la bande 2 025-2 110 MHz:

1.1 que le brouillage cumulatif à l'entrée du récepteur de l'engin spatial, sauf dans le cas d'une liaison espace-espace, ne dépasse pas –180 dB(W/kHz) pendant plus de 0,1% du temps;

1.2 que, dans le cas de liaisons espace-espace, le brouillage cumulatif aux bornes d'entrée du récepteur de l'engin spatial ne dépasse pas –184 dB(W/kHz) pendant plus de 0,1% du temps;

2 que les dispositions suivantes soient appliquées pour protéger les services SRS, SES et SETS contre l'ensemble des brouillages causés par les émissions des systèmes mobiles dans la bande 2 200-2 290 MHz:

2.1 que le brouillage cumulatif à l'entrée du récepteur de la station terrienne ne dépasse pas –216 dB(W/Hz) pendant plus 0,1% du temps;

2.2 que le brouillage cumulatif à l'entrée du récepteur du satellite relais de données ne dépasse pas −184 dB(W/kHz) pendant plus de 0,1% du temps;

3 que l'introduction de systèmes mobiles à forte densité de stations mobiles ou de systèmes mobiles classiques soit évitée dans les bandes 2 025-2 110 MHz et 2 200-2 290 MHz, en raison des brouillages inacceptables que ces systèmes causeraient aux services SRS, SES et SETS, comme le confirme l'Annexe 1;

4 que les nouveaux systèmes mobiles soient introduits de manière que leur mise en place dans le monde entier ne se traduise pas, à terme, par des niveaux de brouillage cumulatif supérieurs aux valeurs indiquées aux § 1 et 2 ci-dessus;

5 que soient retenues de préférence, pour l'introduction de nouveaux systèmes mobiles, des caractéristiques techniques et de fonctionnement telles que les suivantes: faibles densités spectrales de puissance, faibles densités de terminaux, à l'échelle mondiale, et transmissions intermittentes (voir l'Annexe 2);

6 que, pour l'étude des nouveaux systèmes mobiles à faible densité de stations mobiles que l'on pourrait exploiter dans la bande 2 025-2 110 MHz, des caractéristiques techniques et de fonctionnement semblables à celles décrites dans l'Annexe 3 soient retenues à titre indicatif;

7 que, pour l'étude des nouveaux systèmes mobiles à faible densité de stations mobiles que l'on pourrait exploiter dans la bande 2 200-2 290 MHz, des caractéristiques techniques et de fonctionnement semblables à celles décrites dans l'Annexe 4 soient retenues à titre indicatif.

Annexe 1

Etude de compatibilité des services de recherche spatiale/d'exploitation spatiale et des systèmes mobiles terrestres à forte densité de stations mobiles

1 Introduction

Le partage entre les systèmes mobiles terrestres à forte densité de stations mobiles et les systèmes mobiles terrestres classiques, d'une part, et les services spatiaux, d'autre part, est impossible. Les éléments rapportés ici sont tirés pour l'essentiel des contributions qui ont amené la conférence à cette conclusion; ils en analysent les tenants et les aboutissants. Le système mobile considéré dans la présente étude est le futur système mobile terrestre public de télécommunication (FSMTPT). Le modèle utilisé est également applicable aux systèmes mobiles de type classique.

Les bandes 2025-2110 MHz et 2200-2290 MHz sont intensivement utilisées dans le monde entier par les services d'exploitation spatiale, d'exploration de la Terre par satellite et de recherche spatiale, grâce à la conclusion de nombreux accords d'assistance internationale réciproque entre agences spatiales. En raison des grandes distances entre les émetteurs et les récepteurs, les niveaux des signaux reçus par les récepteurs sont très faibles. Par conséquent, ces services sont très sensibles aux brouillages, d'où l'utilité de niveaux de protection élevés tels que spécifiés dans le RR et dans les Recommandations UIT-R.

La Fig. 1 montre les diverses liaisons considérées et les configurations de brouillage qui en résultent. Seuls les services vocaux sont pris en considération pour les stations personnelles et mobiles. Les autres brouillages causés par les stations de base n'ont pas encore été étudiés.

FIGURE 1

Configurations de brouillage entre stations FSMTPT et services spatiaux

Les responsables de la gestion des fréquences ont déjà beaucoup de difficultés à l'heure actuelle pour satisfaire aux nouvelles demandes d'assignations des services spatiaux qui ont déjà des attributions, et ce d'une manière qui permette de réduire au minimum l'incidence des brouillages sur les assignations existantes, il leur est de plus en plus difficile d'assurer le partage intraservice avec de nouveaux utilisateurs.

Dans le cas des services mobiles, les diagrammes de rayonnement des antennes sont quasi équidirectifs et les dizaines de millions d'émetteurs mobiles prévus ont un niveau de brouillage cumulatif très élevé. Les stations FSMTPT étant par définition «mobiles», toute coordination est impossible pour des raisons évidentes. Il peut être démontré que, pour pratiquement chaque configuration considérée, le partage avec ces systèmes mobiles n'est pas réalisable.

2 Aspects concernant le RR et l'occupation des bandes

Les bandes 2025-2110 MHz et 2200-2290 MHz sont attribuées à titre coprimaire aux services SRS, SES et SETS ainsi qu'au service mobile dans toutes les régions de l'UIT.

Les niveaux de brouillage maximaux acceptables pour chacune des stations sont définis dans le Tableau 8b de l'Appendice 7 du RR et dans les Recommandations UIT-R SA.363 et UIT-R SA.609. Les diagrammes de rayonnement des antennes des stations terriennes sont fondés sur les diagrammes de rayonnement spécifiés dans l'Annexe III de l'Appendice 8 du RR. Les angles de site minimaux des antennes de stations terriennes sont conformes aux numéros 21.15 et 21.14 du RR. Les niveaux de brouillage des récepteurs des engins spatiaux sont spécifiés dans les Recommandations UIT-R SA.609 et UIT-R SA.363.

La bande 2025-2110 MHz compte actuellement plus de 300 assignations. La bande 2200-2290 MHz en compte plus de 350. Pour les liaisons espace-espace, on dénombre actuellement six attributions pour le système relais de données et un certain nombre d'attributions nouvelles en cours pour le programme international de stations spatiales ainsi que pour les programmes européens et japonais de satellites relais de données.

Il apparaît à l'évidence que les bandes en question sont très utilisées par les services spatiaux et qu'un grand nombre de satellites et de stations terriennes seraient affectés par l'exploitation de services mobiles terrestres dans ces bandes de fréquences.

3 Hypothèses concernant les systèmes des services mobiles terrestres (FSMTPT)

Une large gamme de services est prévue pour les futurs systèmes mobiles de télécommunication. Un des services dont l'exploitation est prévue dans les bandes au voisinage de 2 GHz est le futur système mobile terrestre public de télécommunication (FSMTPT). La largeur de bande désignée pour ces services est de 230 MHz.

Les FSMTPT en étant encore au stade de la planification, les chiffres relatifs au taux de pénétration (en termes d'abonnés), aux densités de trafic et aux niveaux de puissance n'ont qu'un caractère préliminaire. La Commission d'études 8 des radiocommunications a établi des hypothèses relativement détaillées pour les niveaux de puissance, les largeurs de bande requises, la densité du trafic, etc. On trouvera dans le Tableau 1 un bref récapitulatif des hypothèses retenues pour les systèmes.

TABLEAU 1

Récapitulatif des hypothèses retenues pour les systèmes

	Station mobile d'extérieur	Station personnelle d'extérieur	Station personnelle d'intérieur
Hauteur d'antenne de station de base (m)	50	< 10	< 3
Densité du trafic en zone urbaine (E/km^2)	500 (0,25)	1 500 (1,2)	20 000 (1,2)
Superficie d'une cellule (km^2)	0,94	0,016	0,0006
Largeur de bande duplex par canal (kHz)	25	50	50
Trafic par cellule (E)	470	24	12
Nombre de canaux par cellule	493	34	23
Largeur de bande des services vocaux (MHz)	111	27	24
Plage de puissance de la station (W)	1-5	0,02-0,05	0,003-0,01
Débit de codage des signaux vocaux (kbit/s)	8	(16)	(16)
Rapport valeur de crête/valeur moyenne du trafic	(3)	3	(3)
Densité du trafic de pointe par station (E)	0,1 (0,04)	0,04 (0,1)	0,2 (0,1)
Taux de pénétration (en termes d'abonnés) (%)	50 (10)	80 (20)	(20)

Dans certains cas, il a été constaté que pour l'évaluation du brouillage moyen, les hypothèses retenues pour les FSMTPT étaient trop optimistes, en particulier en ce qui concerne la densité du trafic et le taux de pénétration, paramètres pour lesquels on a retenu à la place les valeurs indiquées entre parenthèses. Pour les données FSMTPT initiales, les valeurs du surcroît de brouillage seraient plus élevées. En l'absence de données disponibles, les valeurs indiquées entre parenthèses ont été retenues pour les calculs.

Seuls les services vocaux ont été pris en considération, mais il est à prévoir que des valeurs très voisines seront obtenues pour les services non vocaux.

Les hypothèses de densité du trafic retenues pour les analyses ont été établies d'après les chiffres communiqués pour l'Europe. La population de l'ensemble des pays du marché commun avoisine actuellement les 323 millions d'habitants, pour une superficie de 2,3 millions de km^2. Cela représente une densité moyenne de 140 habitants au km^2, chiffre d'après lequel ont été calculés les brouillages causés aux stations terriennes.

Les hypothèses de densité du trafic pour le scénario de brouillage applicable aux récepteurs d'engins spatiaux peuvent être obtenues de façon analogue. Un engin spatial géostationnaire «voit» une zone semblable à celle représentée à la Fig. 3, qui comptera environ 4 milliards d'habitants d'ici à l'an 2000. L'altitude minimale de l'orbite d'un engin spatial est de 250 km. La Fig. 4 montre les zones «vues» respectivement par des engins spatiaux volant à des altitudes orbitales de 250 et 750 km. La zone de réception de brouillages pour une orbite située à 250 km d'altitude est déjà de 9,6 millions de km^2. La population vivant dans cette zone est estimée à plus de 600 millions d'habitants. La Fig. 5 montre les zones de réception de brouillages dans le cas d'orbites faiblement inclinées (29° environ), telles que celles qu'utilisent habituellement les navettes spatiales.

L'affaiblissement dû au passage des trajets de transmission à travers différents éléments du milieu ambiant – fenêtres, murs, plafonds, bâtiments et arbres – a été pris en compte pour tous les services FSMTPT. Des valeurs d'affaiblissement caractéristique de 6,6 dB pour les fenêtres et de 27 dB pour les murs et les plafonds ont été adoptées, étant admis que la plupart des stations

personnelles d'intérieur, mais non pas toutes, subiraient un affaiblissement de leur signal. Il restera un petit pourcentage d'entre elles qui émettront à travers des fenêtres ouvertes sur des balcons, des terrasses ou en d'autres lieux à l'air libre. Pour la présente étude, il a été admis que pour environ 5% d'entre elles, les stations ne subissaient pratiquement aucun affaiblissement de leur signal, 25% d'entre elles en subissant un dû au verre. Le brouillage imputable aux 70% de stations restantes a été jugé négligeable. Un affaiblissement moyen de 10 dB a donc été pris en considération pour les stations personnelles d'intérieur. Les signaux émis par les stations personnelles d'extérieur et les stations mobiles ne subiront un affaiblissement que s'ils traversent des bâtiments et des arbres, ce qui est souvent le cas pour de petits angles d'élévation mais moins fréquent pour des angles plus importants. Etant donné que le brouillage provient essentiellement de stations situées à proximité du point se trouvant à la verticale du satellite, ce qui suppose de grands angles d'élévation, un affaiblissement moyen n'excédant pas 3 dB est à prévoir.

Les brouillages causés par les stations de base n'ont pas été étudiés ici faute de renseignements techniques suffisants. Il va de soi que des valeurs du même ordre de grandeur sont également à prévoir.

4 Critères de protection applicables aux services spatiaux

4.1 Critères de protection applicables aux stations terriennes

Les niveaux de brouillage maximaux dans les récepteurs de station terrienne dépendent du service exploité et sont conformes au Tableau 8b de l'Appendice 7 du RR et à la Recommandation UIT-R SA.363. Ces valeurs et les angles d'élévation minimaux correspondants Θ_r, s'établissent comme suit:

1. Exploitation spatiale: –184,0 dB(W/kHz), $\Theta_r = 3°$
2. Recherche spatiale: –216,0 dB(W/Hz), $\Theta_r = 5°$

Pour la prise en charge type de missions d'exploitation spatiale et de recherche spatiale, des antennes d'un diamètre de 5,5 à 15 m sont utilisées de manière générale pour des orbites d'altitude inférieure, égale et supérieure à l'altitude de l'OSG. La Fig. 2 montre les caractéristiques de gain d'antenne des stations considérées. Les diagrammes de rayonnement sont établis d'après l'Annexe III de l'Appendice 8 du RR.

4.2 Critères de protection applicables aux récepteurs d'engins spatiaux

Les températures de bruit types de récepteurs d'engins spatiaux s'établissent autour de 800 K, se traduisant par une densité spectrale de bruit de l'ordre de –200 dB(W/Hz). Certaines missions de recherche spatiale délicates nécessitent des températures de bruit inférieures de l'ordre de 600 K.

La Recommandation UIT-R SA.609 spécifie que le brouillage ne doit pas dépasser une valeur de –177 dB(W/kHz) aux bornes d'entrée du récepteur pendant plus de 0,1% du temps. Les services fixe, mobile et spatial utilisant cette bande sont censés contribuer chacun pour un tiers au brouillage total, soit une valeur de –182 dB(W/kHz), équivalant à –212 dB(W/Hz) pour la part de brouillage admissible à laquelle contribuent les services mobiles. Ces valeurs correspondent bien aux critères de protection du § 1.1, 1.2 et 2.2 du *recommande*.

La valeur moyenne de gain d'une antenne quasi équidirective est d'environ 0 dBi, avec des valeurs minimales parfois inférieures à –6 dBi. Une telle antenne est nécessaire pour établir une liaison avec l'engin spatial dans des cas d'urgence ou lorsque l'utilisation d'autres antennes est impossible pour des raisons techniques ou d'exploitation, par exemple pendant la phase de lancement et les premières étapes de la mise sur orbite. Cela vaut aussi pour les satellites de télécommunications. A une valeur de gain d'antenne de 0 dBi correspond donc une valeur de –212 dB(W/Hz) pour le brouillage admissible causé par des stations mobiles à l'entrée de l'antenne.

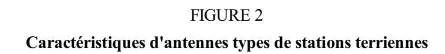
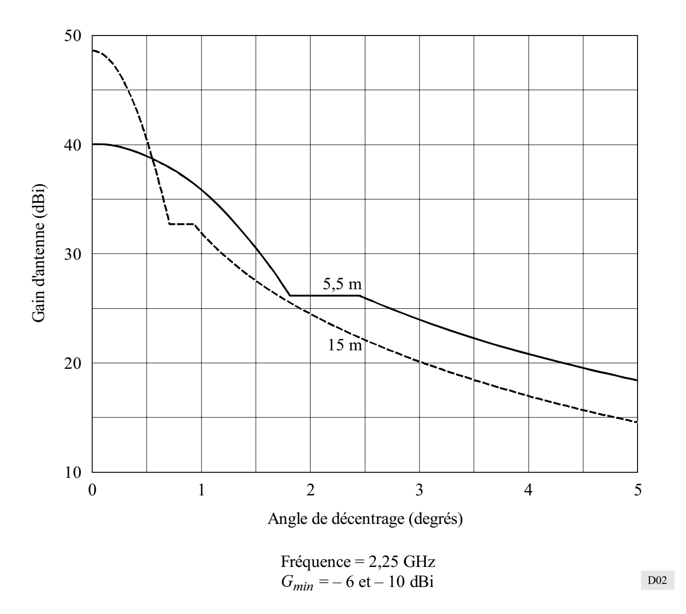


FIGURE 2

Caractéristiques d'antennes types de stations terriennes



La situation est plus critique dans le cas d'une liaison espace-espace utilisant, par exemple, un satellite relais de données dont l'antenne à gain élevé est orientée en direction d'un satellite sur orbite basse. Pour les mêmes hypothèses que précédemment mais avec cette fois un gain d'antenne type de 35 dBi, on obtient un niveau de brouillage admissible de –247 dB(W/Hz) à l'entrée de l'antenne.

La Recommandation UIT-R SA.363 spécifie un rapport de protection porteuse/brouillage de 20 dB pour l'exploitation spatiale. Ces dernières années, de nombreuses agences spatiales ont introduit des techniques de codage des canaux visant à réduire la puissance des émetteurs et par voie de conséquence à réduire également les brouillages causés aux autres systèmes. Deux cas ont été distingués, à savoir les transmissions non codées et les transmissions codées:

– Les transmissions non codées exigent un rapport E_s/N_0 de 9,6 dB pour un taux d'erreur binaire de 1×10^{-5}. L'adjonction d'une marge type de 3 dB permet d'obtenir la valeur voulue de 12,6 dB pour le rapport porteuse/bruit, *C/N*. Le rapport brouillage/bruit, *I/N* total est donc de –7,4 dB. L'affectation d'un tiers du brouillage total aux services mobiles donne un I_m/N de –12,4 dB. Pour une densité de puissance de bruit type de –200 dB(W/Hz), le brouillage admissible est de –212,4 dB(W/Hz).

– Les transmissions codées exigent un rapport E_s/N_0 de 1,5 dB pour un taux d'erreur binaire de 1×10^{-5} avec un codage convolutionnel classique des canaux. L'adjonction d'une marge type de 3 dB permet d'obtenir pour le *C/N* la valeur requise de 4,5 dB. *I/N* est donc de –15,5 dB. L'affectation d'un tiers du brouillage total aux services mobiles donne un I_m/N de –20,5 dB. Pour une densité de puissance de bruit de –200 dB(W/Hz), le brouillage admissible est de –217,5 dB(W/Hz) c'est-à-dire inférieur de 5 dB à la valeur de protection de la Recommandation UIT-R SA.609.

Bien que les transmissions codées exigent des niveaux de protection plus élevés, on a adopté pour les besoins de la présente étude un critère de protection de –212 dB(W/Hz), conforme aux valeurs spécifiées dans les Recommandations UIT-R SA.609 et UIT-R SA.363.

5 Etude des brouillages

5.1 Liaison Terre-espace (2 025-2 110 MHz)

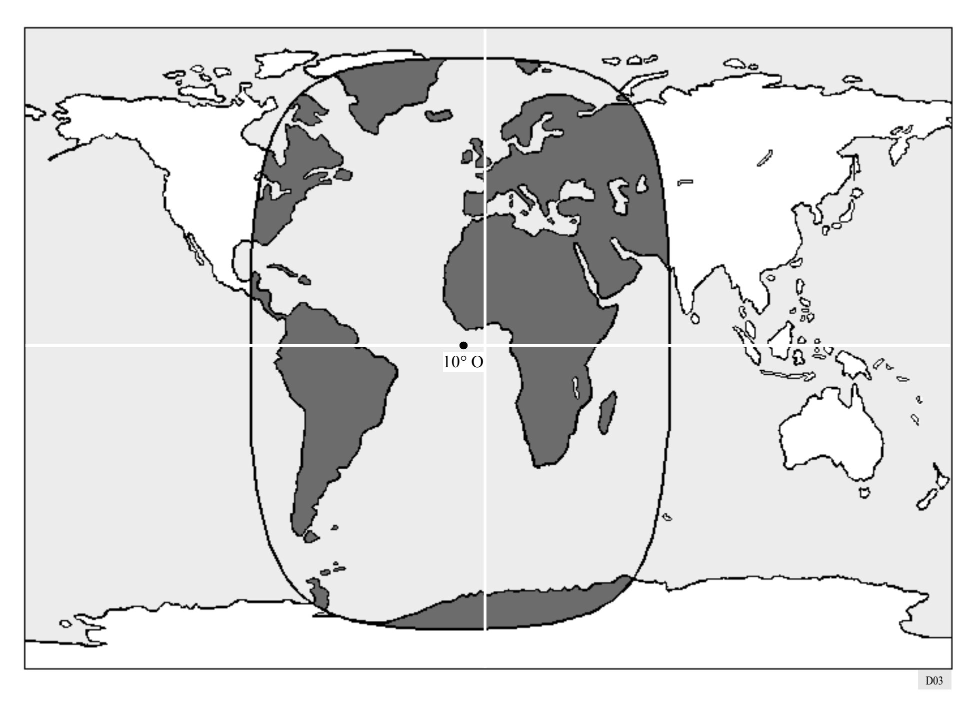
5.1.1 Brouillages causés à l'engin spatial

Les liaisons Terre-espace considérées dans la présente étude intéressent principalement des altitudes orbitales de 250 à 36 000 km, étant donné que plus de 90% des engins spatiaux en service gravitent à l'altitude de l'OSG ou à des altitudes inférieures.

La Fig. 3 montre la zone en provenance de laquelle un engin spatial géostationnaire recevra des signaux sur une antenne quasi équidirective. La position de l'engin spatial, choisie arbitrairement, est de 10° O. On estime que, dans le cas le plus défavorable, l'engin spatial «voit» une zone où se trouvent plus de 70% de tous les terminaux mobiles sur Terre.

FIGURE 3

Zone de réception de brouillages pour des satellites géostationnaires

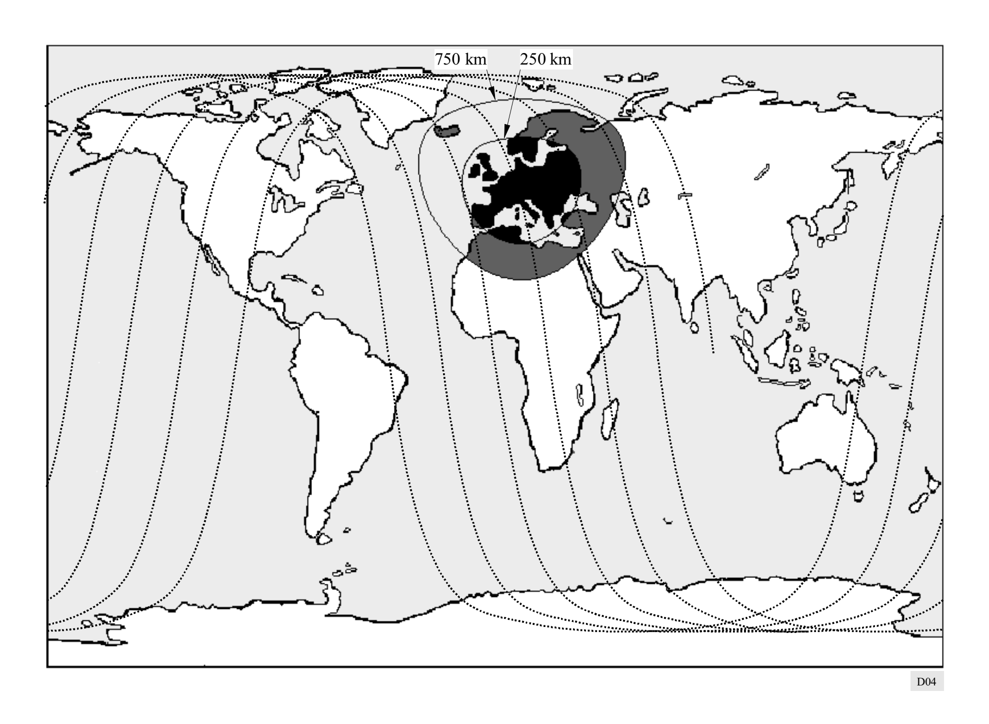


La Fig. 4 montre la zone en provenance de laquelle un satellite sur orbite basse à une altitude de 250 à 750 km recevra des signaux. On a admis dans le cas présent que l'engin spatial était positionné au-dessus du centre de l'Europe. La «fenêtre» ainsi obtenue se déplacera à la surface du sol suivant les tracés indiqués en ligne pointillée. On observe que l'engin spatial «voit» une zone très étendue offrant un potentiel de plusieurs millions de stations mobiles d'émission.

La Fig. 5 montre la zone de réception de brouillages pour un engin spatial de type navette avec une inclinaison typique de 29°.

FIGURE 4

Zone de réception de brouillages pour des engins spatiaux sur orbite basse (*i* = 98°)



La zone de brouillage A_i est déterminée par la formule suivante:

$$A_i = \frac{2\pi R^2 h}{R + h}$$

où:

R: rayon de la Terre (6 378 km)

h: altitude de l'orbite (250 à 36 000 km).

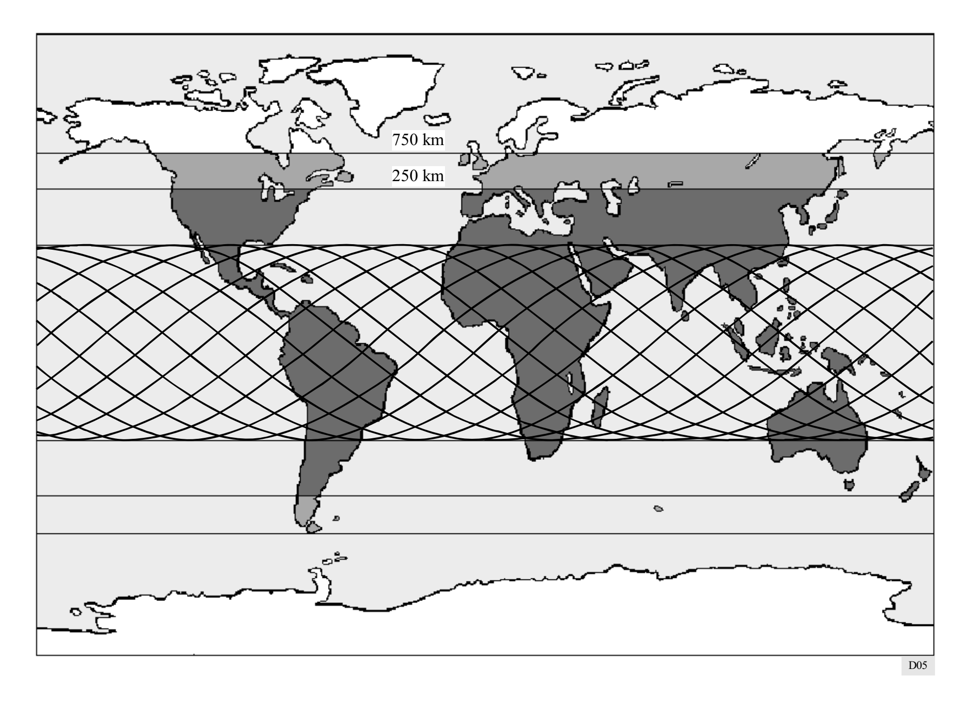
A une altitude de 250 km, l'engin spatial recevra des brouillages en provenance d'une zone de 9,6 millions de km². Ce nombre passe à 27 millions de km² pour une altitude orbitale de 750 km. La superficie maximale «vue» par un satellite géostationnaire est de 217 millions de km².

Le niveau de densité spectrale de brouillage P_i reçu par une antenne d'engin spatial en provenance d'un seul émetteur mobile est calculé comme suit:

$$P_i = \frac{E_i c^2}{B_i (4\pi x f)^2}$$

FIGURE 5

Zone de réception de brouillages pour des engins spatiaux sur orbite basse (i = 29°)



Le brouillage cumulatif $P_{\Sigma i}$ en provenance de toutes les stations mobiles dans la zone de brouillage est donné par la formule:

$$P_{\Sigma i} = \int_{x=h}^{d_m} \frac{n_a \, P_i \, B_i \, h^2 \, \mathrm{d}A_{(x)}}{B_m \, A_i \, x^2} \, \mathrm{d}x = \frac{n_a \, E_i \, c^2}{(4\pi f)^2 \, B_m \, A_i} \int_{x=h}^{d_m} \frac{\mathrm{d}A_{(x)}}{x^2} \, \mathrm{d}x$$

$$A_{(x)} = \frac{\pi \, R \, (x^2 - h^2)}{R + h}$$

$$\frac{\mathrm{d}A_{(x)}}{\mathrm{d}x} = \frac{2\pi \, R}{R + h} \, x$$

$$d_m = \sqrt{(R + h)^2 - R^2}$$

$$P_{\Sigma i} = \frac{n_a \, E_i \, c^2}{(4\pi f)^2 \, B_m \, R \, h} \, [\ln(d_m) - \ln(h)]$$

où:

P_i: densité de puissance du brouilleur

E_i: p.i.r.e. du brouilleur

x: distance par rapport au brouilleur

f: fréquence d'émission

n_a: nombre de stations mobiles actives

c: vitesse de la lumière

B_i: largeur de bande d'une station mobile

B_m: largeur de bande du service mobile

d_m: distance maximale par rapport au brouilleur.

Pour simplifier, on s'est placé dans l'hypothèse d'une répartition égale des terminaux actifs dans la largeur de bande disponible et dans la zone de brouillage. Le Tableau 2 recense de manière détaillée les hypothèses retenues et les niveaux de brouillage qui en résultent. Il faut conclure à l'impossibilité d'une utilisation en partage de ces liaisons, étant donné que les niveaux de brouillage sont bien supérieurs aux niveaux admissibles.

5.1.2 Brouillages causés aux stations mobiles

Les stations mobiles qui évoluent dans un certain périmètre d'une station terrienne d'émission seront exposées aux brouillages préjudiciables causés par cette station. Les niveaux maximaux de p.i.r.e. pour des liaisons avec des satellites proches de la Terre sont généralement de 66 à 78 dBW.

Compte tenu des valeurs de gain d'antenne dans la direction horizontale (voir la Fig. 2) et du fait qu'une antenne rayonne en principe dans toutes les directions, la valeur de gain minimale spécifiée pour l'arrière de l'antenne étant de –10 dBi (–6 dBi pour une antenne de 5,5 m), les niveaux de p.i.r.e. ci-dessous sont à prévoir autour de l'antenne dans la direction horizontale. Les niveaux de densité de p.i.r.e. dépendent étroitement du débit de données à l'émission. Dans le service d'exploitation spatiale, le débit de données maximal est généralement de quelques kbit/s, alors que pour le service de recherche spatiale, la valeur correspondante à prendre en considération s'échelonnera d'au moins 1 à 100 kbit/s.

Diamètre de l'antenne (m)	Gamme des niveaux de p.i.r.e. (dBW)	Gamme des niveaux de densité de p.i.r.e. (dB(W/4 kHz))
5,5 (3°)	20-50	14-47
15 (3°)	19-50	13-47

Les niveaux de protection des stations FSMTPT étant inconnus, le système sera équipé d'un limiteur d'autobrouillage mais pas d'un limiteur de bruit. Dans la double hypothèse d'un niveau de brouillage acceptable d'environ –150 dB(W/4 kHz) et d'un affaiblissement supplémentaire dû à la diffraction des signaux, une zone de protection de 100 km au maximum peut être nécessaire pour permettre un fonctionnement satisfaisant des stations mobiles.

5.2 Liaison espace-Terre (2 200-2 290 MHz)

Pour ces liaisons, une distinction entre les divers services spatiaux doit être établie. Le plus critique d'entre eux est le service de recherche spatiale, mais les résultats obtenus pour les services d'exploration spatiale et d'exploration de la Terre par satellite sont en fait très voisins.

Il est difficile d'établir des hypothèses sur la répartition des émetteurs mobiles autour d'une station terrienne, car la répartition de ces émetteurs dépend en grande partie de l'emplacement de la station. Une répartition moyenne calculée d'après le nombre d'habitants dans les pays du marché commun européen a été admise. La densité de population moyenne, calculée pour 323 millions d'habitants sur un territoire de 2,3 millions de km^2, est de 140 habitants au km^2. La densité moyenne de trafic correspondante est de 2,8 E/km^2 pour les stations personnelles et de 0,56 E/km^2 pour les stations mobiles.

TABLEAU 2

Liaisons Terre-espace (2 025-2 110 MHz)

	Station personnelle d'intérieur		Station personnelle d'extérieur		Station mobile	
Altitude de l'orbite de l'engin spatial (km)	250	36 000	250	36 000	250	36 000
p.i.r.e. d'une station FSMTPT (W)	0,003	0,003	0,020	0,020	1,00	1,00
Largeur de bande de canal de communications vocales (kHz)	50,0	50,0	50,0	50,0	25,0	25,0
Densité de p.i.r.e. d'une station FSMTPT (dB(W/Hz))	–72,2	–72,2	– 64,0	– 64,0	– 44,0	– 44,0
Affaiblissement (dispersion) dans l'espace (dB)	146,7	189,8	146,7	189,8	146,7	189,8
Brouillage d'une station (dB(W/Hz))	–218,9	–262,1	–210,7	–253,8	–190,7	–233,8
Densité de brouillage acceptable (dB(W/Hz))	–212,0	–212,0	–212,0	–212,0	–212,0	–212,0
Surcroît de brouillage d'une station (dB)	– 6,9	–50,1	1,3	– 41,8	21,3	–21,8
Zone de brouillage «vue» par l'engin spatial (million/km^2)	9,64	217,13	9,64	217,13	9,64	217,13
Nombre total d'habitants dans la zone (millions)	600	4 000	600	4 000	600	4 000
Pourcentage d'abonnés au service (%)	20,0	20,0	20,0	20,0	10,0	10,0
Nombre moyen de stations au total par km^2	12,4	3,7	12,4	3,7	6,2	1,8
Pourcentage de stations actives dans la zone (%)	10,0	10,0	10,0	10,0	4,0	4,0
Nombre de stations actives simultanément dans la zone (millions)	12,0	80,0	12,0	80,0	2,4	16,0
Nombre moyen de stations actives par km^2 (E/km^2)	1,24	0,37	1,24	0,37	0,25	0,07
Largeur de bande de service prévue (canaux vocaux) (MHz)	24	24	27	27	111	111
Nombre de stations actives par canal	25 000	166 667	22 222	148 148	541	3 604
Affaiblissement dû au milieu ambiant (bâtiments, arbres) (dB)	10,0	10,0	3,0	3,0	3,0	3,0
Brouillage cumulatif de toutes les stations actives (dB(W/Hz))	–196	–221	–181	–206	–177	–202
Valeur moyenne du surcroît de brouillage (dB)	16,0	–8,5	30,7	6,2	34,6	10,1
Valeur d'accroissement du brouillage pendant les périodes d'activité maximale (dB)	5,0	5,0	5,0	5,0	5,0	5,0
Valeur d'accroissement du brouillage pour des niveaux de puissance plus élevés (dB)	5,2	5,2	4,0	4,0	7,0	7,0
Valeur d'accroissement du brouillage au-dessus des zones à forte densité de population (dB)	5,3	0,0	5,3	0,0	5,3	0,0
Valeur du surcroît de brouillage dans le cas le plus défavorable (dB)	31,5	1,7	45,0	15,2	51,8	22,1

Le brouillage est intégré dans un rayon de 1 à 10 km autour de la station pour laquelle une liaison en visibilité directe peut être admise. Pour la plupart des emplacements où sont installées les stations, on ne peut exclure le passage de stations mobiles dans un rayon de moins de 1 km de ces stations. Les terminaux mobiles plus éloignés sont naturellement à l'origine de nouveaux brouillages dont il n'est pas tenu compte ici pour simplifier. La valeur de gain d'antenne, qui varie en fonction de l'angle d'azimut, a été intégrée sur 360° afin d'obtenir une valeur moyenne.

Le brouillage cumulatif est déterminé par la formule suivante:

$$P_{\Sigma i} = \int_{x=d_1}^{d_2} \frac{md_a \, P_i \, B_i \, \mathrm{d}A_{(x)}}{B_m} \, \mathrm{d}x = \frac{md_a \, E_i \, c^2}{(4\pi f)^2 \, B_m} \int_{x=d_1}^{d_2} \frac{\mathrm{d}A_{(x)}}{x^2} \, \mathrm{d}x$$

$$A_{(x)} = \pi x^2$$

$$\frac{\mathrm{d}A_{(x)}}{\mathrm{d}x} = 2\pi x$$

$$P_{\Sigma i} = \frac{md_a \, E_i \, c^2}{8\pi f^2 \, B_m} \, [\ln(d_2) - \ln(d_1)]$$

où:

md_a: densité moyenne de stations mobiles

d_1: rayon minimal autour de la station

d_2: rayon maximal autour de la station.

Les Tableaux 3a et 3b donnent le détail des résultats pour les services spatiaux considérés. Le cas le plus défavorable résulte d'une station mobile émettant dans la direction du faisceau principal. On a admis par hypothèse qu'une seule station émettant à une distance de 10 km était représentative, bien qu'une distance beaucoup plus courte soit possible. La principale conclusion à tirer est que même pour une valeur moyenne de gain d'antenne de quelques dBi tout autour de l'antenne et pour la méthode simplifiée (défavorable, dans le cas des services spatiaux) de calcul du brouillage, les niveaux de brouillage dépassent déjà les niveaux acceptables dans des proportions telles que le partage devient impossible.

5.3 Liaison espace-espace (2 025-2 110 MHz)

Le cas le plus critique dans cette catégorie est la liaison entre un satellite géostationnaire – un satellite relais de données, par exemple – et un satellite sur orbite basse, gravitant généralement à une altitude de 250 à 1 000 km.

Une telle liaison sera caractéristique, par exemple, d'une navette spatiale habitée gravitant sur une orbite d'une altitude d'environ 400 km. Il est impératif que cet engin spatial soit muni d'une antenne équidirective qui permette d'assurer en toute sécurité l'exécution des commandes et l'établissement des communications pendant chaque phase du vol et en particulier dans les situations d'urgence.

En raison de la limitation de la puissance surfacique sur Terre, on impose également une limite pour la p.i.r.e. que le satellite relais de données peut rayonner en direction de la Terre, c'est-à-dire en direction du satellite gravitant sur orbite basse, d'où la stricte étroitesse des marges de liaison. Les brouillages, même pour des niveaux de faible intensité, sont extrêmement critiques.

Les niveaux de brouillage calculés sont si élevés que les liaisons de données ou de communication à destination d'un engin spatial sur orbite basse s'en trouvent totalement occultées. Les restrictions imposées en matière de puissance surfacique interdisent tout accroissement de la p.i.r.e. du satellite géostationnaire d'émission. Le partage avec des stations mobiles terrestres est donc impossible.

Le Tableau 4 donne le détail des résultats.

TABLEAU 3

Liaisons espace-Terre (2 200-2 290 MHz)

Tableau 3a: Service d'exploitation spatiale	Station personnelle d'intérieur		Station personnelle d'extérieur		Station mobile	
Valeur moyenne de gain horizontal de la station terrienne (5,5 m) (dBi)		7,5		7,5		7,5
Valeur maximale de gain horizontal de la station terrienne (3°) (dBi)	24,0		24,0		24,0	
Nombre de stations actives par km^2 (E/km^2)		2,800		2,800		0,560
Densité de stations actives par canal au km^2		0,0058		0,0052		0,0001
p.i.r.e. d'une station FSMTPT (W)	0,003	0,003	0,020	0,020	1,000	1,000
Densité de p.i.r.e. d'une station FSMTPT (dB(W/Hz))	–72,2	–72,2	– 64,0	– 64,0	– 44,0	– 44,0
Densité de brouillage acceptable à l'entrée du récepteur (dB(W/kHz))	–184,0	–184,0	–184,0	–184,0	–184,0	–184,0
Densité de brouillage acceptable à l'entrée de l'antenne (dB(W/kHz))	–208,0	–191,5	–208,0	–191,5	–208,0	–191,5
Valeur de brouillage des stations entre 1 et 10 km (dB(W/kHz))		–152,4		–144,7		–140,9
Valeur de brouillage d'une station à une distance de 10 km (satellite sur orbite basse) (dB(W/kHz))	–161,5		–153,3		–133,3	
Valeur du surcroît de brouillage (dB)	46,5	39,1	54,7	46,8	74,7	50,6

Tableau 3b: Recherche spatiale	Station personnelle d'intérieur		Station personnelle d'extérieur		Station mobile	
Valeur moyenne de gain horizontal de la station terrienne (15 m) (dBi)		2,4		2,4		2,4
Valeur maximale de gain horizontal de la station terrienne (5°) (dBi)	14,5		14,5		14,5	
Nombre de stations actives par km^2 (E/km^2)		2,800		2,800		0,560
Densité de stations actives par canal au km^2		0,0058		0,0052		0,0001
p.i.r.e. d'une station FSMTPT (W)	0,003	0,003	0,020	0,020	1,000	1,000
Densité de p.i.r.e. d'une station FSMTPT (dB(W/Hz))	–72,2	–72,2	– 64,0	– 64,0	– 44,0	– 44,0
Densité de brouillage acceptable à l'entrée du récepteur (dB(W/Hz))	–220,0	–220,0	–220,0	–220,0	–220,0	–220,0
Densité de brouillage acceptable à l'entrée de l'antenne (dB(W/Hz))	–234,5	–222,4	–234,5	–222,4	–234,5	–222,4
Valeur de brouillage des stations entre 1 et 10 km (dB(W/Hz))		–182,4		–174,7		–170,9
Valeur maximale de brouillage d'une station à une distance de 10 km (dB(W/Hz))	–191,5		–183,3		–163,3	
Valeur du surcroît de brouillage (dB)	43,0	40,0	51,2	47,7	71,2	51,5

TABLEAU 4

Liaisons espace-espace (2 025-2 110 MHz)

	Station personnelle d'intérieur		Station personnelle d'extérieur		Station mobile	
Altitude de l'orbite de l'engin spatial (km)	250	750	250	750	250	750
p.i.r.e. d'une station FSMTPT (W)	0,003	0,003	0,020	0,020	1,00	1,00
Largeur de bande de canal de communications vocales (kHz)	50,0	50,0	50,0	50,0	25,0	25,0
Densité de p.i.r.e. d'une station FSMTPT (dB(W/Hz))	–72,2	–72,2	– 64,0	– 64,0	– 44,0	– 44,0
Affaiblissement (dispersion) dans l'espace (dB)	146,7	156,2	146,7	156,2	146,7	156,2
Brouillage d'une station (dB(W/Hz))	–218,9	–228,4	–210,7	–220,2	–190,7	–200,2
Densité de brouillage acceptable (dB(W/Hz))	–212,0	–212,0	–212,0	–212,0	–212,0	–212,0
Surcroît de brouillage d'une station (dB)	– 6,9	–16,4	1,3	–8,2	21,3	11,8
Zone de brouillage «vue» par l'engin spatial (million/km^2)	9,64	26,89	9,64	26,89	9,64	26,89
Nombre total d'habitants dans la zone (millions)	600	800	600	800	600	800
Pourcentage d'abonnés au service (%)	20,0	20,0	20,0	20,0	10,0	10,0
Nombre moyen de stations au total par km^2	12,4	5,9	12,4	5,9	6,2	3,0
Pourcentage de stations actives dans la zone (%)	10,0	10,0	10,0	10,0	4,0	4,0
Nombre de stations actives simultanément dans la zone (millions)	12,0	16,0	12,0	16,0	2,4	3,2
Nombre moyen de stations actives par km^2 (E/km^2)	1,24	0,59	1,24	0,59	0,25	0,12
Largeur de bande de service prévue (canaux vocaux) (MHz)	24	24	27	27	111	111
Nombre de stations actives par canal	25 000	33 333	22 222	29 630	541	721
Affaiblissement dû au milieu ambiant (bâtiments, arbres) (dB)	10,0	10,0	3,0	3,0	3,0	3,0
Brouillage cumulatif causé par toutes les stations actives (dB(W/Hz))	–196,0	–200,9	–181,3	–186,2	–177,4	–182,3
Valeur moyenne du surcroît de brouillage (dB)	16,0	11,1	30,7	25,8	34,6	29,7
Valeur d'accroissement du brouillage pendant les périodes d'activité maximale (dB)	5,0	5,0	5,0	5,0	5,0	5,0
Valeur d'accroissement du brouillage pour des niveaux de puissance plus élevés (dB)	5,2	5,2	4,0	4,0	7,0	7,0
Valeur d'accroissement du brouillage au-dessus des zones à forte densité de population (dB)	5,3	3,0	5,3	3,0	5,3	3,0
Valeur du surcroît de brouillage dans le cas le plus défavorable (dB)	31,5	24,3	45,0	37,8	51,8	44,6

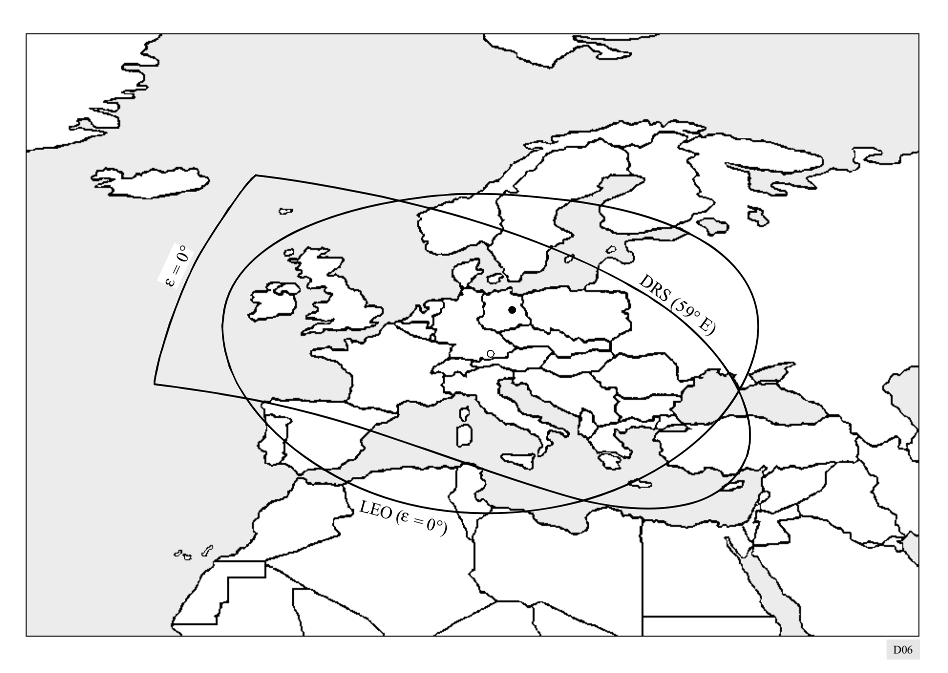
5.4 Liaison espace-espace (2 200-2 290 MHz)

Cette bande de fréquences est utilisée pour les liaisons de données en provenance de satellites sur orbite basse à destination de satellites relais de données géostationnaires et pour les communications à courte distance entre satellites sur orbite basse et aussi, éventuellement, entre astronautes. Les altitudes orbitales à prendre en considération s'échelonnent donc de 250 à 36 000 km.

En principe, les hypothèses applicables ici sont les mêmes que précédemment sauf que le satellite géostationnaire utilise des antennes à gain élevé pour les liaisons à destination des engins spatiaux sur orbite basse. Il en résulte de très faibles niveaux de brouillages acceptables à l'entrée de l'antenne. L'ouverture du faisceau de celle-ci étant généralement de quelques degrés, la réception de brouillages en provenance d'une zone un peu plus petite que pour l'orbite située à 250 km d'altitude est possible. La Fig. 6 donne un exemple représentatif de la zone en provenance de laquelle des brouillages seront reçus par un satellite relais de données poursuivant un engin spatial sur orbite basse.

FIGURE 6

Couverture d'une antenne de satellite relais de données (DRS) et d'un engin spatial sur orbite basse (LEO) à 250 km d'altitude



Le Tableau 5 donne le détail des résultats. Dans ce cas également, le partage est malheureusement impossible.

5.5 Scénarios correspondant au cas le plus défavorable pour toutes les liaisons

Les hypothèses retenues pour les études de brouillage ci-dessus sont principalement les suivantes: répartition moyenne des stations mobiles dans la zone de brouillage, activité moyenne, niveaux de puissance minimaux pour les stations FSMTPT et occupation identique de tous les canaux disponibles. Les valeurs de surcroît de brouillage qui en résultent s'établissent donc en moyenne dans la partie inférieure de la gamme.

TABLEAU 5

Liaisons espace-espace (2 200-2 290 MHz)

	Station personnelle d'intérieur		Station personnelle d'extérieur		Station mobile	
Altitude de l'orbite de l'engin spatial (km)	250	36 000	250	36 000	250	36 000
p.i.r.e. d'une station FSMTPT (W)	0,003	0,003	0,020	0,020	1,000	1,000
Largeur de bande de canal de communications vocales (kHz)	50,0	50,0	50,0	50,0	25,0	25,0
Densité de p.i.r.e. d'une station FSMTPT (dB(W/Hz))	–72,2	–72,2	– 64,0	– 64,0	– 44,0	– 44,0
Affaiblissement (dispersion) dans l'espace (dB)	146,7	189,8	146,7	189,8	146,7	189,8
Brouillage d'une station (dB(W/Hz))	–218,9	–262,1	–210,7	–253,8	–190,7	–233,8
Densité de brouillage acceptable (dB(W/Hz))	–212,0	–247,0	–212,0	–247,0	–212,0	–247,0
Surcroît de brouillage d'une station (dB)	– 6,9	–15,1	1,3	– 6,8	21,3	13,2
Zone de brouillage «vue» par l'engin spatial (millions/km^2)	9,64	8,00	9,64	8,00	9,64	8,00
Nombre total d'habitants dans la zone (millions)	600	500	600	500	600	500
Pourcentage d'abonnés au service (%)	20,0	20,0	20,0	20,0	10,0	10,0
Nombre moyen de stations au total par km^2	62,2	62,5	62,2	62,5	62,2	62,5
Pourcentage de stations actives dans la zone (%)	10,0	10,0	10,0	10,0	4,0	4,0
Nombre de stations actives simultanément dans la zone (millions)	12,0	10,0	12,0	10,0	2,4	2,0
Nombre moyen de stations actives par km^2 (E/km^2)	1,24	1,25	1,24	1,25	0,25	0,25
Largeur de bande de service prévue (canaux vocaux) (MHz)	24	24	27	27	111	111
Nombre de stations actives par canal	25 000	20 833	22 222	18 519	541	450
Affaiblissement dû au milieu ambiant (bâtiments, arbres) (dB)	10,0	10,0	3,0	3,0	3,0	3,0
Brouillage cumulatif causé par toutes les stations actives (dB(W/Hz))	–196,0	–218,9	–181,3	–211,1	–177,4	–207,3
Valeur moyenne du surcroît de brouillage (dB)	16,0	27,2	30,7	34,9	34,6	38,8
Valeur d'accroissement du brouillage pendant les périodes d'activité maximale (dB)	5,0	5,0	5,0	5,0	5,0	5,0
Valeur d'accroissement du brouillage pour des niveaux de puissance plus élevés (dB)	5,2	5,2	4,0	4,0	7,0	7,0
Valeur d'accroissement du brouillage au-dessus des zones à forte densité de population (dB)	5,3	0,0	5,3	0,0	5,3	0,0
Valeur du surcroît de brouillage dans le cas le plus défavorable (dB)	31,5	37,4	45,0	43,9	51,8	50,8

Au passage de l'engin spatial au-dessus de grandes villes ou de zones d'Europe très peuplées, on constatera un accroissement sensible du brouillage cumulatif du fait de la plus courte distance d'un grand nombre de stations mobiles par rapport à l'engin spatial. Pour tenir compte des vastes zones urbaines et suburbaines, on a admis par hypothèse que 20% de toutes les stations mobiles «vues» par l'engin spatial sont à proximité du point se trouvant à la verticale du satellite. Un tel pourcentage peut facilement être atteint au-dessus de grandes villes comme Paris et Londres, avec des densités de trafic pouvant atteindre 20 000 E/km^2 de surface plancher. Cela se traduit par un accroissement du brouillage de 3 dB pour une orbite de 750 km d'altitude et de 5 dB pour une orbite de 250 km d'altitude. Pour les orbites des satellites géostationnaires, on s'est placé dans l'hypothèse d'un accroissement nul en raison de la faible probabilité de trouver une très forte concentration de stations mobiles au voisinage de l'équateur.

On constatera aussi un accroissement du brouillage aux périodes d'activité maximale. Pour la densité du trafic, un accroissement maximal par un facteur de 3 peut être admis. Il en résulte un accroissement potentiel du brouillage de 4 à 7 dB. Un brouillage plus élevé peut aussi s'expliquer par une occupation inégale des canaux; mais ce motif étant difficile à apprécier, il n'a pas été retenu dans la présente étude.

Pour les liaisons Terre-espace et les deux types de liaisons espace-espace, on peut conclure à la possibilité d'un brouillage, dans le cas le plus défavorable, de 9 à 16 dB supérieur à la valeur moyenne.

Pour les liaisons espace-Terre, la situation est légèrement différente. Le cas le plus défavorable correspondrait à une station mobile émettant au voisinage de la station proche de la direction du faisceau principal. A supposer que la distance entre la station mobile et la station terrienne soit de 10 km, le niveau de brouillage correspondant dépasserait de 43 à 75 dB les niveaux de protection spécifiés.

6 Conclusions

On trouvera dans le Tableau 6 un bref état récapitulatif des valeurs de surcroît de brouillage pour toutes les liaisons étudiées. La valeur la plus faible est calculée d'après la valeur moyenne du surcroît de brouillage. La valeur la plus élevée tient compte des cas les plus défavorables: densités accrues de stations mobiles dans les zones très peuplées, limites supérieures de la puissance de fonctionnement spécifiée et périodes de forte activité des communications. L'inégalité d'occupation des canaux, qui constitue pourtant une autre source d'accroissement des brouillages, n'a pas été prise en considération.

TABLEAU 6

Etat récapitulatif des brouillages pour toutes les liaisons et toutes les stations mobiles considérées

Surcroît de brouillage (dB)	Station personnelle d'intérieur	Station personnelle d'extérieur	Station mobile
Terre-espace (2 025-2 110 MHz)	16-32	31-45	35-52
Espace-Terre (2 200-2 290 MHz)	39-47	47-55	51-75
Espace-espace (2 025-2 110 MHz)	16-32	31-45	35-52
Espace-espace (2 200-2 290 MHz)	27-37	35-45	39-52

Nous avons présenté une étude des brouillages entre des systèmes mobiles terrestres de type FSMTPT et les services d'exploitation spatiale, de recherche spatiale et d'exploration de la Terre. Pour tous les types de liaisons examinés dans la présente Recommandation, le partage avec ces types ou des types analogues de systèmes mobiles à forte densité de stations mobiles s'est révélé impossible, les niveaux de brouillages entraînés étant bien supérieurs aux niveaux acceptables spécifiés dans le RR et dans les Recommandations UIT-R.

Annexe 2

Résumé des études des caractéristiques des systèmes mobiles qui facilite leur compatibilité radioélectrique avec les services scientifiques spatiaux

1 Introduction

La présente Annexe résume les résultats des études relatives aux caractéristiques techniques et d'exploitation des systèmes mobiles qui facilitent leur compatibilité avec les systèmes SRS, SES et SETS fonctionnant dans les bandes 2 025-2 110 MHz et 2 200-2 290 MHz.

Les caractéristiques des systèmes mobiles qui facilitent le partage sont les suivantes:

– émissions de faible densité spectrale de puissance,
– transmissions de caractère intermittent,
– utilisation d'antennes d'émission directives,
– limitation automatique du nombre de stations mobiles, de par la nature même de l'application.

Les études concernant les différentes séries d'hypothèses et de gammes de valeurs pour ces caractéristiques générales sont présentées dans les paragraphes qui suivent. De nouvelles études relatives à la compatibilité entre systèmes mobiles et systèmes scientifiques spatiaux dans les bandes 2 025-2 110 MHz et 2 200-2 290 MHz seront nécessaires pour mieux définir le milieu ambiant exposé aux brouillages.

2 Résumé des études de p.i.r.e. et de gain d'antenne

L'introduction de spécifications techniques pour le service mobile dans les bandes 2 025-2 110 MHz et 2 200-2 290 MHz a conduit à la proposition d'une limite de p.i.r.e de 28 dBW ainsi qu'à un gain d'antenne minimal de 24 dBi afin de faciliter le partage avec les services scientifiques spatiaux. Il a été procédé à des études des incidences qu'auront ces systèmes en termes de brouillages sur le service de recherche spatiale.

Le modèle utilisé dans cette étude reposait sur l'hypothèse d'une répartition globale et uniforme des stations mobiles à antenne directive, avec des valeurs de gain comprises entre 22 et 26,5 dBi et des valeurs de p.i.r.e. s'échelonnant de 28 à 37 dBW. Les altitudes prises en considération pour l'orbite des engins spatiaux étaient de 250 à 36 000 km.

Les résultats de cette étude montrent que les opérations des services scientifiques spatiaux dans la bande 2 200-2 290 MHz sont beaucoup plus sensibles aux brouillages que dans la bande 2 025-2 110 MHz. Une étude de la sensibilité du gain d'antenne a été menée. Dans le cas de niveaux de p.i.r.e. constants, la probabilité des brouillages diminue à mesure que le gain d'antenne augmente, comme le montre la Fig. 7 où il apparaît également que la probabilité de brouillage augmente de manière non linéaire en cas d'augmentation linéaire de la p.i.r.e.

En dernière analyse, l'étude concluait que la limite de p.i.r.e. proposée de 28 dBW, ainsi qu'un gain d'antenne de plus de 24 dBi, constituaient des dispositions adéquates pour permettre le partage avec quelque 1 000 systèmes mobiles de ce type dans le monde entier.

3 Résumé d'une étude des brouillages causés par certains systèmes mobiles

Il a été procédé à une étude dans laquelle étaient envisagés quatre scénarios possibles en matière de brouillages causés aux systèmes des services scientifiques spatiaux, comme indiqué au Tableau 7.

Les caractéristiques des systèmes utilisés dans cette étude sont examinées dans les paragraphes qui suivent.

3.1 Caractéristiques des systèmes

3.1.1 Caractéristiques de réception

3.1.1.1 Satellite relais de données

Antenne de réception (censée poursuivre l'engin spatial sur orbite basse lorsqu'il est visible):

– gain dans l'axe de visée = 34 dBi;

– caractéristiques en dehors du faisceau conformes au diagramme de rayonnement de référence pour des faisceaux circulaires à alimentation unique (niveau du lobe latéral proche de –20 dB) tels que définis dans la Recommandation UIT-R S.672.

FIGURE 7

Probabilité de brouillage pour les caractéristiques de divers systèmes de reportage d'actualités (ENG)

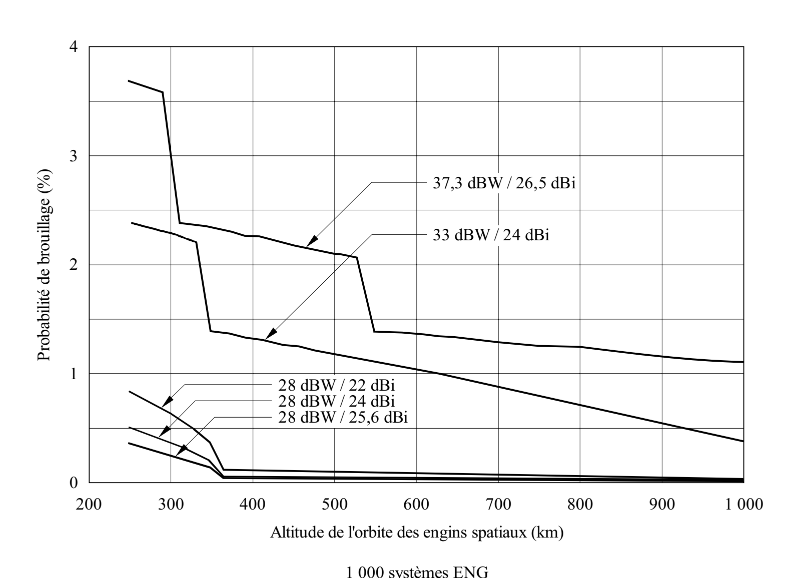


TABLEAU 7

	2 025-2 110 MHz	2 200-2 290 MHz
Services spatiaux Relais de données	Espace-espace (Aller) (1)	Espace-espace (Retour) (3)
Services spatiaux Liaison directe avec la Terre	Terre-espace (2)	Espace-Terre (4)
Mobile	Directif (ENG)	Equidirectif

3.1.1.2 Engin spatial sur orbite basse (pointage en direction du satellite relais de données)

Antenne de réception (censée poursuivre le satellite relais géostationnaire lorsqu'il est visible):

– gain dans l'axe de visée = 25 dBi;

– caractéristiques en dehors du faisceau conformes au diagramme de rayonnement de référence pour des faisceaux circulaires à alimentation unique (niveau du lobe latéral proche de –20 dB) tels que définis dans la Recommandation UIT-R S.672;

– altitude de l'orbite = 300 km;

– inclinaison = 29°.

3.1.1.3 Engin spatial sur orbite basse (pointage en direction de la Terre)

Antenne de réception équidirective (gain = 0 dBi):

– altitude de l'orbite = 300 km;

– inclinaison = 29°.

3.1.1.4 Station terrienne

Antenne de réception (censée poursuivre l'engin spatial sur orbite basse lorsqu'il est visible):

– gain dans l'axe de visée = 45 dBi;

– caractéristiques en dehors du faisceau conformes à celles définies dans les Appendices 28 et 29 du RR.

3.1.2 Caractéristiques d'émission

3.1.2.1 Station mobile (directive) – ENG

– gain dans l'axe de visée de l'antenne = 25 dBi;

– densité spectrale de puissance à l'intérieur de l'antenne = –38 dB(W/kHz);

– caractéristiques en dehors du faisceau conformes à celles définies dans les Appendices 28 et 29 du RR.

3.1.2.2 Station mobile (équidirective)

– gain d'antenne = 0 dBi;

– densité spectrale de puissance à l'intérieur de l'antenne = –42 dB(W/kHz).

3.2 Résumé et conclusions

Quatre configurations géométriques (A à D) ont été évaluées pour les scénarios représentés au Tableau 7, d'après les caractéristiques techniques indiquées ci-dessus. Les résultats d'une analyse probabiliste sont résumés au Tableau 8.

TABLEAU 8

Référence	Source de brouillage	Niveau maximal de brouillage par rapport au critère (dB)	Pourcentage de probabilité de dépassement du critère (%)
1 A 1 B 1 C 1 D	ENG vers orbite basse (pointage vers le satellite relais de données)	+ 31,0 + 7,5 + 6,5 + 6,5	0,65 0,20 0,15 0,15
2 A 2 B 2 C 2 D	ENG vers orbite basse (pointage vers la Terre)	+ 2,5 + 2,5 + 2,5 + 2,5	0,20 0,04 0,045 0,035
3 A 3 B 3 C 3 D	Station équidirective vers satellite relais de données	– 16,5 – 16,5 – 15,0 – 15,0	2,50(1) 1,50(1) 0,15(1) 0,50(1)
4 A 4 B	Station équidirective vers station terrienne	+ 48,5 + 48,0	1,00 0,55

(1) Probabilité de niveau maximal de brouillage.

3.2.1 Brouillages causés par des stations mobiles directives à un engin spatial sur orbite basse (pointage en direction du satellite relais de données) dans la bande 2 025-2 110 MHz

Les valeurs du Tableau 8 donnent à penser qu'une station ENG unique dans diverses configurations géométriques peut dépasser les critères de protection applicables. Toutefois, pour la majorité des configurations, une réduction de 1 dB de la puissance d'émission de la station ENG permettrait de réduire à 0,1% la probabilité pour que le critère de protection soit dépassé. Il n'en n'irait naturellement pas de même pour les configurations géométriques plus critiques, d'où la nécessité parfois d'imposer certaines contraintes pour le choix des emplacements des terminaux ENG terrestres.

3.2.2 Brouillages causés par des stations mobiles directives à un engin spatial sur orbite basse (pointage en direction de la Terre) dans la bande 2 025-2 110 MHz

Les résultats donnent à penser que deux ou trois stations séparées dans l'espace pour un même canal seraient acceptables, d'où l'admissibilité d'un ensemble de 100 et 150 stations ENG, sans prendre en considération la géométrie du cas le plus défavorable.

3.2.3 Brouillages causés par des stations mobiles équidirectives à un satellite relais de données géostationnaire (poursuivant un engin spatial sur orbite basse) dans la bande 2 200-2 290 MHz

Il ressort des valeurs présentées au Tableau 8 que les niveaux de puissance de brouillage d'une station équidirective sont tout à fait dans les limites des critères admissibles. Toutefois, les probabilités pour que de tels niveaux se produisent étant élevées, plusieurs stations pourraient

donner lieu à des niveaux totaux de brouillage qui, bien que dépassant à peine les niveaux de puissance admissibles, représenteraient de nombreuses fois les niveaux admissibles en termes de probabilité d'occupation.

3.2.4 Brouillages causés par des stations mobiles équidirectives à une station terrienne (poursuivant un engin spatial sur orbite basse) dans la bande 2 200-2 290 MHz

Dans l'hypothèse de l'absence de trajets à visibilité directe telle que l'affaiblissement de transmission de référence suit une loi cubique inverse, un terminal équidirectif peut fonctionner dans un rayon de 0,5 km d'une station terrienne (avec un angle d'élévation supérieur à 5°).

Annexe 3

Description de certains systèmes de reportage d'actualités (ENG) fonctionnant dans la bande 2 025-2 110 MHz

1 Introduction

La présente Annexe traite des caractéristiques techniques et d'exploitation particulières de systèmes ENG spécifiques utilisés par certaines administrations, caractéristiques qui peuvent faciliter le partage avec les services SRS, SES et SETS.

2 Caractéristiques/description des systèmes ENG

Les systèmes ENG comprennent à la fois les systèmes «oeil mobile» et les systèmes ENG transportables de prise d'image en divers emplacements et pour différentes activités. Les systèmes ENG sont utilisés pour des reportages d'actualités ou des interviews sur le terrain et pour l'enregistrement et la retransmission vidéo en direct de rencontres sportives ou de spectacles. En raison de l'intérêt de la vidéo sur le terrain, la plupart des stations de télévision locale en zone urbaine aux Etats-Unis d'Amérique utilisent des systèmes ENG. Les systèmes ENG transportables, utilisés pour les reportages sur le terrain, sont généralement installés à bord de camionnettes; fonctionnant en mode stationnaire, ils émettent des signaux vidéo à destination d'un emplacement de réception fixe. Ces systèmes offrent la mobilité voulue pour des reportages d'actualités en différents points d'une région géographique.

3 Systèmes ENG et environnements correspondants

La présente section décrit deux modes de fonctionnement courants:

3.1 Systèmes transportables

Les systèmes ENG transportables décrits dans le § 2 servent à des enregistrements vidéo destinés à être retransmis en direct ou en différé pour des reportages d'actualités, et la diffusion de rencontres sportives et de spectacles. Les systèmes ENG transportables, qui sont généralement installés à bord de camionnettes, utilisent des émetteurs fonctionnant à une puissance d'environ 10,8 dBW. Ces systèmes utilisent des antennes directives, au gain de 20 à 22 dBi, installées en haut d'un mât

téléscopique pouvant atteindre 15 m de hauteur. Les systèmes ENG peuvent employer la polarisation linéaire ou circulaire pour s'assurer une meilleure protection contre les brouillages qu'ils se causent les uns aux autres. Les systèmes ENG sont nombreux (de 30 à 50% d'entre eux probablement) à transmettre avec un affaiblissement de transmission en ligne pouvant atteindre 5 dB.

3.2 Systèmes «œil mobile»

Micro-émetteurs hyperfréquence, utilisés pour des enregistrements vidéo en mode non stationnaire et en gros plan dans des endroits où l'on souhaite filmer en direct et où il est peu pratique d'emporter avec soi des magnétoscopes, en raison de leur taille et des conditions difficiles sur le terrain. Ces émetteurs ont généralement une puissance maximale de fonctionnement de 5 dBW. Ces systèmes, qui utilisent essentiellement des antennes équidirectives au gain de 0 à 3 dBi, peuvent aussi utiliser la polarisation linéaire ou circulaire.

Un système «œil mobile» est généralement utilisé à la place, et non pas en plus, d'un système ENG transportable fonctionnant dans le même canal. Le fonctionnement simultané de systèmes «œil mobile» et de systèmes transportables est généralement impossible, les systèmes transportables causant des brouillages excessifs aux récepteurs «œil mobile».

Le Tableau 9 donne les caractéristiques des systèmes ENG types fonctionnant dans la bande 2 025-2 110 MHz.

TABLEAU 9

Systèmes ENG types à 2 GHz utilisés aux Etats-Unis d'Amérique

Type d'utilisation	Emplacement de l'émetteur	Puissance d'émission	Gain d'antenne (dBi)	Emplacement du récepteur
Système ENG transportable (camionnette)	Mât de la camionnette	12 W	22	Tour
Liaison fixe temporaire	Toit	12 W	25	Toit
Conférence	Tribune de la salle de conférence	100 mW	0-5	Gradins
Système «œil mobile» (par exemple, skieur)	Corps/casque	100 mW	0	Sur une hauteur ou dans un hélicoptère
Rencontres sportives				
Terrain de sport	Sur le terrain de sport	1 W	12	Tribune de presse
Terrain de golf (système 1)	Sur le terrain de golf	3 W	16	Ballon captif
Terrain de golf (système 2)	Sur le terrain de golf	12 W	12	Grue (bras télescopique)
Circuit automobile	Dans la voiture	3 W	7	Hélicoptère
Hélicoptère	Hélicoptère relais	12 W	7	Point de réception au sol
Marathon				
Motocyclette suiveuse	Motocyclette	3 W	7	Hélicoptère
Véhicule relais	Pick-up	12 W	12	Hélicoptère
Hélicoptère	Hélicoptère relais	12 W	7	Toit

4 Caractéristiques de fonctionnement

Tous les systèmes ENG ne peuvent toutefois fonctionner simultanément. En raison de leur sensibilité aux brouillages, ils n'autorisent généralement qu'une seule émission à la fois par canal et par emplacement de réception. La plupart des réseaux commerciaux de télévision aux Etats-Unis disposent d'un grand nombre d'emplacements de réception autorisant des émissions simultanées sur un même canal. Toutefois, le nombre d'émissions simultanées possible sur le canal le plus occupé est limité à six dans la plupart des grands réseaux commerciaux, se limitant généralement à deux pour les autres réseaux. Il est rare que l'on compte plus de deux émissions simultanées sur un même canal. En fait, seuls les plus grands réseaux commerciaux de télévision disposent d'un grand nombre d'emplacements de réception et de systèmes ENG, les émissions simultanées de systèmes ENG dans un même canal étant peu fréquentes, voire inexistantes, dans la plupart des régions.

Bien qu'utilisés 24 h sur 24, les systèmes ENG transportables fonctionnent principalement pour la diffusion des informations locales en semaine, soit généralement autour de 1200-1230, 1700-1900 et 2300-2330 heure locale. A noter également, dans la plupart des réseaux commerciaux, une utilisation importante des systèmes ENG avant les informations de l'après-midi, autour de 1500-1700, ainsi que le regain de popularité des émissions locales matinales de 0600-0900, qui utilisent elles aussi des systèmes ENG. Les émetteurs ENG transportables servent environ deux fois par jour. Les ingénieurs diffuseurs estiment à 15 min en moyenne la durée des émissions ENG, les plus courtes d'entre elles étant de l'ordre de 5 min, les plus longues pouvant durer parfois 5 h.

5 Utilisation et caractéristiques du spectre

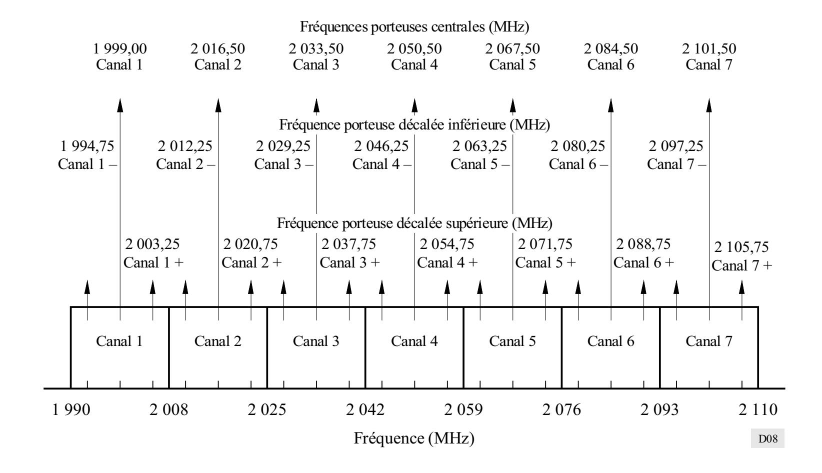
La bande 1990-2110 MHz est la bande ENG par excellence, en raison de ses bonnes caractéristiques de propagation, dont les moindres niveaux d'affaiblissement dû au feuillage aux fréquences élevées et la capacité d'un signal à «rebondir sur les bâtiments», permettant ainsi l'établissement d'une liaison temporaire à destination d'un emplacement de réception fixe en dépit d'un élément occultant impossible à éviter sur le trajet.

Aux Etats-Unis d'Amérique, la bande de fréquences ENG est divisée en 7 canaux de 17 MHz chacun, à l'exception du premier canal qui est de 18 MHz (voir la Fig. 8). Les systèmes ENG fonctionnent généralement au centre de chaque canal, bien qu'ils utilisent aussi les canaux décalés inférieur et supérieur. Cela permet d'obtenir 21 fréquences porteuses qui ne sauraient toutefois être utilisées toutes en même temps. Les systèmes ENG peuvent fonctionner dans le canal central, dans les canaux décalés inférieur ou supérieur ou dans l'un et l'autre simultanément, selon les besoins et l'utilisation qui est faite du canal adjacent. Les systèmes ENG étant sensibles aux brouillages, ils n'autorisent généralement qu'une seule émission par canal et par emplacement de réception.

Les systèmes ENG utilisent la modulation de fréquence (MF) pour transmettre les signaux vidéo. La porteuse n'est pratiquement jamais transmise quand elle n'est pas modulée par le signal vidéo.

FIGURE 8

Plan des canaux ENG en usage aux Etats-Unis d'Amérique



Annexe 4

Description de certains systèmes mobiles aéronautiques de télémesure fonctionnant dans la bande 2 200-2 290 MHz

1 Introduction

Les systèmes mobiles aéronautiques de télémesure d'une administration sont constitués d'un petit nombre d'émetteurs télécommandés à courte durée d'émission fonctionnant dans certaines zones spécifiques.

On dénombrera rarement plus de 15 systèmes d'émission fonctionnant simultanément dans un rayon de 1 000 km. La p.i.r.e. maximale dans la direction d'un satellite pour une largeur de bande de 3 MHz dans un rayon de 1 000 km dépassera rarement 10 W.

2 Caractéristiques techniques des systèmes mobiles aéronautiques de télémesure

La télémesure aéronautique utilise la bande 2 200-2 290 MHz pour les essais de missiles, de lanceurs spatiaux, d'aéronefs et de sous-systèmes depuis la fin des années 60. Si dans leur grande majorité ces essais durent moins de 10 min, certains d'entre eux toutefois durent plusieurs heures. Les opérations de télémesure peuvent être effectuées à n'importe quelle heure de la journée, leur période d'utilisation maximale se situant pendant les heures de la journée. Aux Etats-Unis d'Amérique, dans leur majorité, les essais en vol se font dans un ou plusieurs polygones d'essai fédéraux.

Les caractéristiques des systèmes d'émission de télémesure sont optimisées pour le véhicule soumis à essai. Elles varient donc considérablement d'un véhicule à l'autre. Il n'existe pas de système d'émission «type». La puissance apparente rayonnée des systèmes de télémesure est généralement de 1 à 5 W. Le niveau de puissance nécessaire est fonction de la quantité d'informations à transmettre, de la portée maximale entre les systèmes d'émission et de réception, de la qualité requise pour les données et de la sensibilité du système de réception. Les antennes d'émission de télémesure, généralement à polarisation linéaire, sont habituellement conçues pour assurer une couverture presque isotrope en raison du risque de changement très rapide de l'orientation du véhicule soumis à essai par rapport à l'antenne de réception de télémesure. Etant donné que l'antenne de réception poursuit un véhicule en vol, les signaux à l'intérieur du récepteur subissent d'importantes variations de niveau. Ces «évanouissements» sont dus aux zéros du diagramme de rayonnement de l'antenne du véhicule et aux anomalies de propagation (trajets multiples et conduits, par exemple). La baisse de niveau du signal pendant les évanouissements peut être de plus de 30 dB. Les conditions optimales de vol imposent donc un signal reçu d'un niveau considérablement au-dessus du seuil pour éviter toute perte de données en présence d'évanouissements.

Les formats et les débits de données de télémesure varient donc considérablement d'un véhicule à un autre. La plupart des systèmes d'émission de télémesure utilisent la modulation de fréquence ou de phase. Les signaux d'entrée dans l'émetteur peuvent être analogiques ou numériques ou mixtes analogiques-numériques. Pour les systèmes d'émission de télémesure, 99% de la puissance se trouve concentrée dans une largeur de bande de moins de 1 MHz à plus de 10 MHz.

La valeur requise du rapport signal/bruit avant détection pour que la qualité des données soit acceptable varie de 9 à 15 dB. La distance maximale entre le véhicule en essai et la station de réception de télémesure est généralement de 20 à 400 km (la portée maximale pour certains essais est supérieure à 3 000 km). La largeur de bande des récepteurs varie habituellement de 0,5 à 10 MHz (ces valeurs vont en augmentant). La température de bruit des systèmes de réception varie de 200 K à 500 K. Les valeurs de gain dans le lobe principal des antennes de réception varient de 6 dBi pour certains systèmes mobiles de courte portée à plus de 50 dBi pour de grandes antennes. Les plus grandes de ces antennes poursuivent automatiquement le véhicule à l'essai cependant que les plus petites d'entre elles (gain inférieur à 20 dBi) sont généralement pointées en direction de l'émetteur. Les lobes latéraux de l'antenne de réception sont fonction de sa taille et du type d'antenne. Dans leur majorité, les antennes de réception de télémesure ont des diamètres de 2,44 m (8 pieds) à 10 m (32,8 pieds).

3 Considérations relatives au spectre

Aux Etats-Unis d'Amérique, les fabricants de systèmes mobiles aéronautiques de télémesure ont divisé cette bande en 90 canaux d'une largeur de bande de 1 MHz chacun. Plusieurs canaux sont assignés ensemble lorsqu'une largeur de bande plus grande est nécessaire.

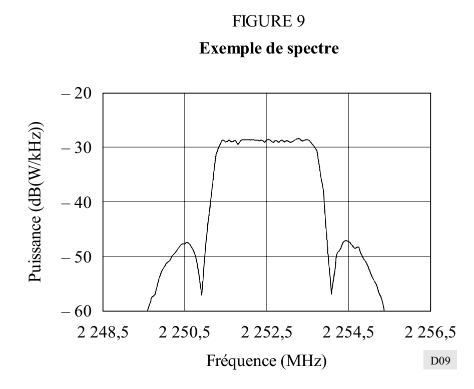
Une coordination entre les divers usagers assure actuellement la protection des opérations aéronautiques de télémesure. Le territoire des Etats-Unis d'Amérique est divisé en zones de coordination, dans lesquelles les agents chargés de coordonner les fréquences procèdent à l'assignation de celles-ci et en programment l'utilisation.

Il existe un risque important de brouillages entre stations terriennes installées sur les emplacements d'émission aéronautique de télémesure dans la bande 2200-2290 MHz. On réduit ce risque en contrôlant l'heure, la fréquence et l'emplacement des émissions de chaque service dans cette bande. Des centres de gestion des fréquences brouilleuses permettent de procéder à des changements en temps réel et de localiser et d'identifier les émissions non autorisées.

Un exemple de densité spectrale de puissance rayonnée est présenté à la Fig. 9. Cette Figure indique la densité spectrale de puissance nominale d'un système de télémesure. Les données qui y sont présentées ne sont pas représentatives des cas le plus favorable ou le plus défavorable; elles sont données uniquement à titre d'exemple des caractéristiques spectrales du type de système le plus couramment utilisé aujourd'hui pour les systèmes mobiles aéronautiques de télémesure. En raison des composantes spectrales discrètes que peuvent comporter certains systèmes mobiles aéronautiques de télémesure à certains moments d'un vol d'essai, il se peut que les valeurs maximales de densité spectrale (dB(W/kHz)) dépassent sensiblement les valeurs indiquées à la Fig. 9.

FIGURE 9

Exemple de spectre



La puissance totale maximale rayonnée dans n'importe quelle direction par les systèmes mobiles aéronautiques de télémesure dans un rayon de 1 000 km sera inférieure à 100 W dans la bande 2 200-2 290 MHz. La puissance totale maximale rayonnée dans n'importe quelle direction dans un rayon de 1 000 km dépassera rarement 10 W pour une largeur de bande de 3 MHz.

RECOMMANDATION UIT-R M.1171*

PROCÉDURES RADIOTÉLÉPHONIQUES DANS LE SERVICE MOBILE MARITIME

(1995)

L'Assemblée des radiocommunications de l'UIT,

considérant

a) que, en ce qui concerne l'utilisation de la radiotéléphonie pour le service mobile maritime, il est nécessaire de décrire les procédures types,

recommande

1 d'utiliser la radiotéléphonie dans le service mobile maritime conformément à l'Annexe 1.

ANNEXE 1

Section I. Introduction

§ 1. Il convient que les stations radiotéléphoniques soient, autant que possible, équipées de dispositifs leur permettant de passer instantanément de l'émission à la réception et vice versa. Ces dispositifs sont nécessaires pour toutes les stations qui assurent des communications entre les navires et les abonnés du réseau téléphonique terrestre.

§ 2. (1) Les stations équipées pour la radiotéléphonie peuvent transmettre et recevoir les radiotélégrammes en radiotéléphonie. Les stations côtières qui assurent un tel service et qui sont ouvertes à la correspondance publique doivent être signalées dans la Nomenclature des stations côtières.

(2) Pour faciliter les radiocommunications, les abréviations de service indiquées dans la Recommandation UIT-R M.1172 peuvent être utilisées.

Section II. Appels en radiotéléphonie

§ 3. Les dispositions de la présente section relatives aux intervalles entre les appels ne sont pas applicables à une station opérant dans les conditions de détresse, d'urgence ou de sécurité.

§ 4. (1) En règle générale, il incombe à la station de navire d'établir la communication avec la station côtière. A cet effet, la station de navire ne peut appeler la station côtière qu'après être arrivée dans sa zone de service, c'est-à-dire dans la zone où, en utilisant une fréquence appropriée, la station de navire peut être entendue par la station côtière.

(2) Toutefois, une station côtière qui a du trafic pour une station de navire peut appeler cette station si elle a des raisons de croire que celle-ci se trouve dans sa zone de service et assure l'écoute.

---

* Cette Recommandation doit être portée à l'attention de l'Organisation maritime internationale (OMI) et du Secteur de la normalisation des télécommunications (UIT-T).

Note du Secrétariat: Dans cette Recommandation, les références au Règlement des radiocommunications (RR) renvoient au RR révisé par la Conférence mondiale des radiocommunications de 1995. Ces dispositions du RR entreront en vigueur le 1er juin 1998. Le cas échéant, les références entre crochets correspondent à celles du RR actuellement en vigueur.

§ 5. (1) De plus, chaque station côtière doit, pour autant que cela est possible en pratique, transmettre ses appels sous forme de «listes d'appels» formées des indicatifs d'appel ou autres moyens d'identification, classés par ordre alphabétique, des stations de navire pour lesquelles elle a du trafic en instance. Ces appels ont lieu à des moments déterminés ayant fait l'objet d'un accord entre les administrations intéressées, espacés de deux heures au moins et de quatre heures au plus, pendant les heures d'ouverture de la station côtière.

(2) Les stations côtières transmettent ces listes d'appels sur leurs fréquences normales de travail dans les bandes appropriées. Cette transmission est précédée d'un appel général à toutes les stations.

(3) L'appel général à toutes les stations, annonçant la liste d'appels, peut être fait sur une fréquence d'appel sous la forme suivante:

– trois fois, au plus, «appel à tous les navires» ou CQ (épelé à l'aide des mots de code CHARLIE QUEBEC);

– le mot ICI (ou DE épelé à l'aide des mots de code DELTA ECHO en cas de difficultés de langage);

– trois fois, au plus, « . . . Radio»;

– «Ecoutez ma liste d'appels sur . . . kHz».

En aucun cas, ce préambule ne peut être répété.

(4) Toutefois, dans les bandes comprises entre 156 MHz et 174 MHz, l'appel décrit au § 5.(3) ci-dessus peut, lorsque le contact est facile à établir, être remplacé par l'appel décrit ci-après:

– une fois «appel à tous les navires» ou CQ (épelé à l'aide des mots de code CHARLIE QUEBEC);

– le mot ICI (ou DE épelé à l'aide des mots de code DELTA ECHO en cas de difficultés de langage);

– deux fois, « . . . Radio»;

– «Ecoutez ma liste d'appels sur la voie . . . ».

En aucun cas, ce préambule ne peut être répété.

(5) Les dispositions du § 5.(3) ci-dessus sont obligatoires lorsque les fréquences 2 182 kHz ou 156,8 MHz sont utilisées.

(6) Les heures auxquelles les stations côtières transmettent leurs listes d'appels, ainsi que les fréquences et les classes d'émission qu'elles utilisent à cet effet, doivent être mentionnées dans la Nomenclature des stations côtières.

(7) Il convient que les stations de navire écoutent, dans toute la mesure du possible, les émissions des listes d'appels des stations côtières. Lorsqu'elles perçoivent leur indicatif d'appel ou leur signal d'identification dans une liste, elles doivent répondre aussitôt qu'elles le peuvent.

(8) Lorsque le trafic ne peut pas être écoulé immédiatement, la station côtière fait connaître à chaque station de navire intéressée l'heure probable à laquelle le travail pourra commencer ainsi que, si cela est nécessaire, la fréquence et la classe d'émission qui seront utilisées.

§ 6. Lorsqu'une station côtière reçoit pratiquement en même temps des appels de plusieurs stations de navire, elle décide de l'ordre dans lequel ces stations pourront lui transmettre leur trafic. Sa décision est fondée sur l'ordre de priorité (voir le numéro S53.1 [numéro 4441] du RR) des radiotélégrammes ou des conversations radiotéléphoniques en instance dans les stations de navire, et sur la nécessité de permettre à chacune des stations appelantes d'écouler le plus grand nombre possible de communications.

§ 7. (1) Lorsqu'une station appelée ne répond pas à l'appel émis trois fois à des intervalles de deux minutes, l'appel doit cesser.

(2) Toutefois, lorsqu'une station appelée ne répond pas, l'appel peut être répété à des intervalles de trois minutes.

(3) Dans les zones où il est pratiquement possible d'établir, en ondes métriques, des liaisons sûres avec les stations côtières, la station de navire appelante peut répéter l'appel dès qu'il est certain que la station côtière n'écoule plus de trafic.

(4) Lorsqu'il s'agit d'une communication entre une station du service mobile maritime et une station d'aéronef, l'appel peut être repris cinq minutes plus tard.

(5) Avant de renouveler l'appel, la station appelante doit s'assurer que la station appelée n'est pas en communication avec une autre station.

(6) S'il n'y a pas de raison de craindre que des brouillages préjudiciables affectent des communications en cours, les dispositions du § 7.(4) ci-dessus ne sont pas applicables. Dans ces cas, l'appel émis trois fois à des intervalles de deux minutes peut être renouvelé après un intervalle au moins égal à trois minutes.

(7) Toutefois, avant de renouveler l'appel, la station appelante doit s'assurer qu'un nouvel appel ne risque pas de causer des brouillages à d'autres communications en cours et que la station appelée n'est pas en communication avec une autre station.

(8) Les stations de navire ne doivent pas émettre leur onde porteuse entre les appels.

§ 8. Lorsque le nom et l'adresse de l'administration ou de l'exploitation privée dont dépend une station de navire ne sont pas mentionnés dans la nomenclature appropriée ou ne sont plus en concordance avec les indications de celle-ci, la station de navire a le devoir de donner d'office à la station côtière à laquelle elle transmet du trafic tous les renseignements nécessaires à cet égard.

§ 9. (1) La station côtière peut, au moyen de l'abréviation TR (épelée à l'aide des mots de code TANGO ROMEO), demander à la station de navire de lui fournir les renseignements suivants:

a) position et, autant que possible, route et vitesse;

b) prochain lieu d'escale.

(2) Il convient que les renseignements visés au § 9.(1) ci-dessus, précédés de l'abréviation TR, soient fournis par les stations de navire, chaque fois que cela semble approprié, sans demande préalable de la station côtière. Ces renseignements ne sont fournis qu'après autorisation du commandant ou de la personne responsable du navire.

Section III. Méthode d'appel, réponse à l'appel et signaux préparatoires au trafic lorsque des méthodes d'appel autres que l'appel sélectif numérique sont utilisées

A. Méthode d'appel

§ 10. (1) L'appel est constitué comme suit:

– trois fois, au plus, l'indicatif d'appel ou tout autre signal d'identification de la station appelée;

– le mot ICI (ou DE épelé à l'aide des mots de code DELTA ECHO en cas de difficultés de langage);

– trois fois, au plus, l'indicatif d'appel ou tout autre signal d'identification de la station appelante.

(2) Toutefois, dans les bandes comprises entre 156 MHz et 174 MHz, l'appel décrit au § 10.(1) ci-dessus peut, lorsque le contact est facile à établir, être remplacé par l'appel décrit ci-après:

– une fois l'indicatif d'appel de la station appelée;

– le mot ICI (ou DE épelé à l'aide des mots de code DELTA ECHO en cas de difficultés de langage);

– deux fois l'indicatif d'appel ou tout autre signal d'identification de la station appelante.

(3) Lorsqu'une station de navire appelle sur une fréquence de travail une station côtière qui fonctionne sur plusieurs voies en ondes métriques, il convient qu'elle inclue dans son appel le numéro de la voie employée.

(4) Après l'établissement du contact, l'indicatif d'appel ou tout autre signal d'identification ne peut être émis qu'une seule fois.

(5) Si la station côtière est munie d'un dispositif d'appel sélectif conformément à la Recommandation UIT-R M.541 et si la station de navire est munie d'un dispositif de réception de tels appels sélectifs, la station côtière appelle le navire en émettant les signaux de code appropriés; la station de navire appelle la station côtière à la voix, selon la procédure indiquée au § 10.(1) ci-dessus (voir aussi l'Annexe 2 à la Recommandation UIT-R M.257).

§ 11. Les appels pour les communications internes à bord des navires qui se trouvent dans des eaux territoriales sont constitués comme suit:

a) appels émanant de la station principale:

  – trois fois, au plus, le nom du navire suivi d'une seule lettre (ALFA, BRAVO, CHARLIE, etc.), indiquant la sous-station;

  – le mot ICI;

  – le nom du navire suivi du mot CONTROLE;

b) appels émanant de la sous-station:

– trois fois, au plus, le nom du navire suivi du mot CONTROLE;

– le mot ICI;

– le nom du navire suivi d'une seule lettre (ALFA, BRAVO, CHARLIE, etc.), indiquant la sous-station.

B. Fréquence à utiliser pour l'appel et les signaux préparatoires

B1. Bandes comprises entre 1 605 kHz et 4 000 kHz

§ 12. (1) Lorsqu'une station radiotéléphonique de navire appelle une station côtière, il convient qu'elle utilise pour l'appel, par ordre de préférence:

a) une fréquence de travail sur laquelle la station côtière assure la veille;

b) la fréquence porteuse 2 182 kHz;

c) dans les Régions 1 et 3 et au Groenland, la fréquence porteuse 2 191 kHz (fréquence assignée 2 192,4 kHz), lorsque la fréquence porteuse 2 182 kHz est utilisée pour la détresse;

d) dans la Région 2 à l'exception du Groenland, la fréquence porteuse 2 191 kHz comme fréquence supplémentaire d'appel dans les zones où la fréquence 2 182 kHz est intensivement utilisée.

(2) Lorsqu'une station radiotéléphonique de navire appelle une autre station de navire, il convient qu'elle utilise pour l'appel:

a) la fréquence porteuse 2 182 kHz;

b) une fréquence navire-navire, où et lorsque la densité du trafic est élevée et lorsqu'il a été possible d'en convenir à l'avance.

(3) Sous réserve des dispositions du § 12.(6) et selon les règlements de leur pays, les stations côtières appellent les stations de navire de leur propre nationalité, soit sur une fréquence de travail, soit, lorsqu'il s'agit d'appels individuels à des navires déterminés, sur la fréquence porteuse 2 182 kHz.

(4) Toutefois, dans le cas où une station de navire maintient à la fois une veille sur la fréquence porteuse 2 182 kHz et sur une fréquence de travail, il convient de l'appeler sur cette fréquence de travail.

(5) En règle générale, il convient que les stations côtières utilisent la fréquence porteuse 2 182 kHz pour appeler les stations radiotéléphoniques de navire de nationalité autre que la leur.

(6) Les stations côtières peuvent appeler les stations de navire équipées pour recevoir des signaux d'appel sélectif conformément aux Recommandations UIT-R M.257 et UIT-R M.541.

B2. Bandes comprises entre 4 000 kHz et 27 500 kHz

§ 13. (1) Lorsqu'une station de navire appelle une station côtière en radiotéléphonie, elle utilise soit l'une des fréquences d'appel mentionnées au numéro S52.221 [numéro 4375] du RR, soit la fréquence de travail associée à celle de la station côtière conformément à l'Appendice S17, Partie B, Section I [Appendice 16, Section A] du RR.

(2) Lorsqu'une station côtière appelle en radiotéléphonie une station de navire, elle utilise à cet effet l'une des fréquences d'appel mentionnées au numéro S52.222 [numéro 4376] du RR, l'une de ses fréquences de travail indiquées dans la Nomenclature des stations côtières ou l'une des deux fréquences porteuses 4 125 kHz et 6 215 kHz conformément aux dispositions des numéros S52.221.2 et S52.221.3 [numéros 4375.2 et 4375.3] du RR.

(3) Les opérations préliminaires à l'établissement des communications radiotéléphoniques peuvent également s'effectuer en radiotélégraphie suivant la procédure propre à la radiotélégraphie (voir la Recommandation UIT-R M.1170, § 17).

(4) Les dispositions des § 13.(1) et 13.(2) ne s'appliquent pas aux communications entre stations de navire et stations côtières sur les fréquences pour l'exploitation simplex spécifiées dans l'Appendice S17, Partie B, Section I [Appendice 16, Section B] du RR.

B3. Bandes comprises entre 156 MHz et 174 MHz

§ 14. (1) Dans les bandes comprises entre 156 MHz et 174 MHz, il convient qu'en règle générale l'appel entre les stations de navire et l'appel dans le sens station côtière vers station de navire soient effectués sur la fréquence 156,8 MHz. Toutefois, l'appel dans le sens station côtière vers station de navire peut être effectué sur une voie de travail ou sur une voie à deux fréquences destinée à l'appel, qui a été mise en service conformément au numéro S52.236 [numéro 4391] du RR. Sauf pour les communications de détresse, d'urgence ou de sécurité, pour lesquelles il convient d'utiliser la fréquence 156,8 MHz, l'appel dans le sens station de navire vers station côtière doit, autant que possible, être effectué sur une voie de travail ou sur une voie à deux fréquences destinée à l'appel, qui a été mise en service conformément au numéro S52.236 [numéro 4391] du RR. Il convient que les navires désirant participer au service des opérations portuaires ou au service du mouvement des navires appellent sur une fréquence de travail destinée au service des opérations portuaires ou au service du mouvement des navires, indiquée en caractères gras dans la Nomenclature des stations côtières.

(2) Si la fréquence 156,8 MHz est utilisée pour des communications de détresse, d'urgence ou de sécurité, une station de navire désirant participer au service des opérations portuaires peut établir le contact sur 156,6 MHz ou à l'aide d'une autre fréquence du service des opérations portuaires imprimée en caractères gras dans la Nomenclature des stations côtières.

B4. Procédure à appliquer pour appeler
une station assurant un service de pilotage

§ 15. Lorsqu'une station radiotéléphonique de navire appelle une station assurant un service de pilotage, il convient qu'elle utilise pour l'appel, par ordre de préférence:

a) une voie appropriée des bandes comprises entre 156 MHz et 174 MHz;

b) une fréquence de travail choisie dans les bandes comprises entre 1 605 kHz et 4 000 kHz;

c) la fréquence porteuse 2 182 kHz, mais alors seulement pour désigner la fréquence de travail à employer.

C. Forme de la réponse à l'appel

§ 16. La réponse à l'appel est constituée comme suit:

– trois fois, au plus, l'indicatif d'appel ou tout autre signal d'identification de la station appelante;

– le mot ICI (ou DE épelé à l'aide des mots de code DELTA ECHO en cas de difficultés de langage);

– trois fois, au plus, l'indicatif d'appel ou tout autre signal d'identification de la station appelée.

D. Fréquence de réponse

D1. Bandes comprises entre 1 605 kHz
et 4 000 kHz

§ 17. (1) Lorsqu'une station de navire est appelée sur la fréquence porteuse 2 182 kHz, il convient qu'elle réponde sur cette même fréquence porteuse, à moins qu'une autre fréquence n'ait été indiquée à cet effet par la station appelante.

(2) Lorsqu'une station de navire est appelée par appel sélectif conformément aux dispositions de la Recommandation UIT-R M.257, elle doit répondre sur une fréquence sur laquelle la station côtière assure la veille.

(3) Lorsqu'une station de navire est appelée sur une fréquence de travail par une station côtière de sa nationalité, elle doit répondre sur la fréquence de travail normalement associée à la fréquence utilisée par la station côtière pour l'appel.

(4) En appelant une station côtière ou une station de navire, une station de navire doit indiquer la fréquence sur laquelle la réponse doit lui être transmise, à moins que cette fréquence ne soit celle qui est normalement associée à la fréquence utilisée pour l'appel.

(5) Une station de navire qui échange fréquemment du trafic avec une station côtière d'une nationalité autre que la sienne peut, lorsque les administrations intéressées sont d'accord à cet effet, utiliser la même procédure de réponse que les navires de la nationalité de la station côtière.

(6) En règle générale, une station côtière doit répondre:

a) sur la fréquence porteuse 2 182 kHz, aux appels transmis sur cette même fréquence porteuse, à moins qu'une autre fréquence n'ait été indiquée à cet effet par la station appelante;

b) sur une fréquence de travail, aux appels transmis sur une fréquence de travail;

c) dans les Régions 1 et 3 et au Groenland, sur une fréquence de travail, aux appels faits sur la fréquence porteuse 2 191 kHz (fréquence assignée 2 192,4 kHz).

D2. Bandes comprises entre
4 000 kHz et 27 500 kHz

§ 18. (1) Une station de navire appelée par une station côtière répond soit sur l'une des fréquences d'appel mentionnées au numéro S52.221 [numéro 4375] du RR, soit sur la fréquence de travail associée à celle de la station côtière, conformément à l'Appendice S17, Partie B, Section I [Appendice 16, Section A] du RR.

(2) Une station côtière appelée par une station de navire répond en utilisant l'une des fréquences d'appel mentionnées au numéro S52.222 [numéro 4376] du RR, ou l'une de ses fréquences de travail indiquées dans la Nomenclature des stations côtières.

(3) Lorsqu'une station est appelée sur la fréquence porteuse 4 125 kHz, il convient qu'elle réponde sur cette même fréquence porteuse, à moins qu'une autre fréquence n'ait été indiquée à cet effet par la station appelante.

(4) Lorsqu'une station est appelée sur la fréquence porteuse 6 215 kHz, il convient qu'elle réponde sur cette même fréquence porteuse, à moins qu'une autre fréquence n'ait été indiquée à cet effet par la station appelante.

(5) Les dispositions des § 18.(1) et 18.(2) ne s'appliquent pas aux communications entre stations de navire et stations côtières sur les fréquences pour l'exploitation simplex spécifiées dans l'Appendice S17, Partie B, Section I [Appendice 16, Section B] du RR.

D3. Bandes comprises entre 156 MHz
et 174 MHz

§ 19. (1) Lorsqu'une station est appelée sur la fréquence 156,8 MHz, il convient qu'elle réponde sur cette fréquence à moins qu'une autre fréquence n'ait été indiquée à cet effet par la station appelante.

(2) Lorsqu'une station côtière ouverte à la correspondance publique appelle une station de navire, soit à la voix, soit par appel sélectif conformément à l'Annexe 2 à la Recommandation UIT-R M.257, sur une voie à deux fréquences, la station de navire répond à la voix sur la fréquence associée à celle de la station côtière; inversement, une station côtière répond à un appel d'une station de navire sur la fréquence associée à celle de la station de navire.

E. Indication de la fréquence
à utiliser pour le trafic

E1. Bandes comprises entre 1 605 kHz
et 4 000 kHz

§ 20. Si le contact est établi sur la fréquence porteuse 2 182 kHz, la station côtière et la station de navire doivent passer sur des fréquences de travail afin d'échanger leur trafic.

E2. Bandes comprises entre
4 000 kHz et 27 500 kHz

§ 21. Après l'établissement du contact entre une station de navire et une station côtière, ou une autre station de navire, sur la fréquence d'appel de la bande choisie, le trafic doit être échangé sur les fréquences de travail respectives de ces stations.

E3. Bandes comprises entre 156 MHz
et 174 MHz

§ 22. (1) Une fois que le contact a été établi entre une station côtière du service de correspondance publique et une station de navire sur la fréquence 156,8 MHz, ou le cas échéant, sur la voie d'appel à deux fréquences (voir le numéro S52.237 [numéro 4392] du RR), les deux stations passent sur l'une de leurs paires de fréquences normales de travail pour échanger leur trafic. Il convient que la station appelante indique la voie sur laquelle elle propose de passer, en identifiant cette voie, soit par la fréquence exprimée en MHz, soit, de préférence, par le numéro qui désigne la voie.

(2) Une fois que le contact a été établi sur la fréquence 156,8 MHz entre une station côtière du service des opérations portuaires et une station de navire, il convient que la station de navire indique la nature du service qu'elle désire (renseignements sur la navigation, instructions au sujet du mouvement dans les bassins, etc.); la station côtière fait alors connaître la voie à employer pour l'échange du trafic en identifiant cette voie, soit par la fréquence exprimée en MHz, soit, de préférence, par le numéro qui désigne la voie.

(3) Une fois que le contact a été établi sur la fréquence 156,8 MHz entre une station côtière du service du mouvement des navires et une station de navire, la station côtière fait connaître la voie à employer pour l'échange du trafic en identifiant cette voie, soit par la fréquence exprimée en MHz, soit, de préférence, par le numéro qui désigne la voie.

(4) Il convient qu'après avoir établi le contact avec une autre station de navire sur la fréquence 156,8 MHz, une station de navire fasse connaître la voie navire-navire qu'elle propose d'employer pour l'échange du trafic, en identifiant cette voie, soit par la fréquence exprimée en MHz, soit, de préférence, par le numéro qui désigne la voie.

(5) Cependant, il n'est pas nécessaire qu'un bref échange de trafic, qui ne doit pas durer plus d'une minute, concernant la sécurité de la navigation, ait lieu sur une fréquence de travail lorsqu'il importe que tous les navires qui se trouvent dans la zone de service reçoivent l'émission.

(6) Les stations qui perçoivent une émission concernant la sécurité de la navigation doivent écouter le message jusqu'à ce qu'elles aient acquis la certitude que le message ne les concerne pas. Elles ne doivent faire aucune émission susceptible de brouiller le message.

F. Accord sur la fréquence
à utiliser pour le trafic

§ 23. (1) Si la station appelée est d'accord avec la station appelante, elle transmet:

a) l'indication qu'à partir de ce moment elle écoute sur la fréquence ou la voie de travail annoncée par la station appelante;

b) l'indication qu'elle est prête à recevoir le trafic de la station appelante.

(2) Si la station appelée n'est pas d'accord avec la station appelante sur la fréquence ou la voie de travail à employer, elle transmet l'indication de la fréquence de travail ou de la voie qu'elle propose.

(3) Dans une liaison entre une station côtière et une station de navire, la station côtière décide finalement de la fréquence ou de la voie à utiliser.

(4) Lorsque l'accord est réalisé sur la fréquence ou la voie de travail que devra employer la station appelante pour son trafic, la station appelée annonce qu'elle est prête à recevoir le trafic.

G. Indication du trafic

§ 24. Lorsque la station appelante désire écouler plusieurs communications radiotéléphoniques ou transmettre un ou plusieurs radiotélégrammes, il convient qu'elle l'indique après la prise de contact.

H. Difficultés de réception

§ 25. (1) Si la station appelée n'est pas en mesure de recevoir le trafic immédiatement, il convient qu'elle réponde à l'appel comme il est indiqué au § 16, puis qu'elle fasse suivre sa réponse de l'expression «attendez . . . minutes» (ou $\overline{\text{AS}}$ épelé à l'aide des mots de code ALFA SIERRA . . . (minutes) en cas de difficultés de langage), en précisant la durée probable de l'attente en minutes. Si cette durée probable dépasse dix minutes, l'attente doit être motivée. Au lieu de cette procédure, la station appelée peut faire connaître par tout moyen approprié qu'elle n'est pas prête à recevoir le trafic immédiatement.

(2) Lorsqu'une station reçoit un appel sans être certaine que cet appel lui est destiné, elle ne doit pas répondre avant que cet appel ait été répété et compris.

(3) Lorsqu'une station reçoit un appel qui lui est destiné, mais a des doutes sur l'identification de la station appelante, elle doit répondre immédiatement en demandant à celle-ci de répéter son indicatif d'appel ou tout autre signal d'identification qu'elle utilise.

Section IV. Ecoulement du trafic

A. Fréquence de trafic

§ 26. (1) Il convient que chaque station utilise pour l'écoulement de son trafic (communications radiotéléphoniques ou radiotélégrammes) une de ses fréquences de travail de la bande dans laquelle l'appel a eu lieu.

(2) En plus de sa fréquence normale de travail, imprimée en caractères gras dans la Nomenclature des stations côtières, chaque station côtière peut employer une ou plusieurs fréquences supplémentaires de la même bande, conformément aux dispositions de l'Article S52 [Article 60] du RR.

(3) A l'exception du trafic de détresse (voir l'Appendice S13 [Chapitre IX] du RR), l'emploi des fréquences réservées à l'appel est interdit pour le trafic.

(4) Lorsque le contact a été établi sur la fréquence à utiliser pour le trafic, la transmission d'un radiotélégramme ou d'une communication radiotéléphonique est précédée:

– de l'indicatif d'appel ou de tout autre signal d'identification de la station appelée;
– du mot ICI (ou DE épelé à l'aide des mots de code DELTA ECHO en cas de difficultés de langage);
– de l'indicatif d'appel ou de tout autre signal d'identification de la station appelante.

(5) Il n'est pas nécessaire que l'indicatif d'appel ou tout autre signal d'identification soit émis plus d'une fois.

B. Etablissement des communications radiotéléphoniques et transmission des radiotélégrammes

B1. Etablissement des communications radiotéléphoniques

§ 27. (1) Pour écouler une communication radiotéléphonique, il convient que la station côtière établisse aussi rapidement que possible la liaison avec le réseau téléphonique. Pendant ce temps, la station de navire doit rester à l'écoute sur la fréquence de travail indiquée par la station côtière.

(2) Toutefois, si la liaison ne peut pas être établie rapidement, la station côtière doit en informer la station de navire. Dans ce cas, cette dernière peut:

a) soit rester à l'écoute sur la fréquence appropriée jusqu'à ce que la liaison puisse être établie;

b) soit reprendre contact avec la station côtière au moment convenu.

(3) Lorsqu'une communication radiotéléphonique a été écoulée, la procédure indiquée au § 29.(3) est applicable sauf si d'autres communications sont en instance à l'une des deux stations.

B2. Transmission des radiotélégrammes

§ 28. (1) Il convient que la transmission d'un radiotélégramme s'effectue de la façon suivante:

– radiotélégramme commence: de . . . (nom du navire ou de l'aéronef);
– numéro . . . (numéro de série du radiotélégramme);
– nombre de mots . . . ;
– date . . . ;
– heure . . . (heure à laquelle le radiotélégramme a été déposé à bord du navire ou de l'aéronef);

– indications de service, s'il y a lieu;

– adresse . . . ;

– texte . . . ;

– signature . . . (le cas échéant);

– transmission du radiotélégramme terminée, à vous.

(2) En règle générale, les radiotélégrammes de toute nature transmis par les stations de navire sont numérotés par séries quotidiennes, en donnant le numéro 1 au premier radiotélégramme transmis chaque jour à chaque station différente.

(3) Il convient qu'une série de numéros commencée en radiotélégraphie soit continuée en radiotéléphonie et inversement.

(4) Chaque radiotélégramme est transmis une seule fois par la station transmettrice. Toutefois, il peut en cas de nécessité être répété intégralement ou en partie par la station réceptrice ou par la station transmettrice.

(5) Lors de la transmission de groupes de chiffres, chaque chiffre est transmis séparément et la transmission de chaque groupe ou série de groupes doit être précédée des mots «en chiffres».

(6) Les nombres écrits en lettres sont prononcés comme ils sont écrits en faisant précéder leur transmission par les mots «en toutes lettres».

B3. Accusé de réception

§ 29. (1) L'accusé de réception d'un radiotélégramme ou d'une série de radiotélégrammes est donné sous la forme suivante:

– l'indicatif d'appel ou tout autre signal d'identification de la station transmettrice;

– le mot ICI (ou DE épelé à l'aide des mots de code DELTA ECHO en cas de difficultés de langage);

– l'indicatif d'appel ou tout autre signal d'identification de la station réceptrice;

– «Reçu votre N° . . ., à vous» (ou R épelé à l'aide du mot de code ROMEO . . . (nombre), K épelé à l'aide du mot de code KILO en cas de difficultés de langage); *ou*

– «Reçu vos N° . . . à N° . . ., à vous» (ou R épelé à l'aide du mot de code ROMEO . . . (nombres), K épelé à l'aide du mot de code KILO en cas de difficultés de langage).

(2) La transmission ne doit pas être considérée comme terminée en ce qui concerne un radiotélégramme, ou une série de radiotélégrammes, tant que cet accusé de réception n'a pas été dûment reçu.

(3 La fin du travail entre deux stations est indiquée par chacune d'elles au moyen du mot «terminé» (ou $\overline{\text{VA}}$ épelé à l'aide des mots de code VICTOR ALFA en cas de difficultés de langage).

Section V. Durée et direction du travail

§ 30. (1) Dans les communications entre station côtière et station de navire, la station de navire se conforme aux instructions données par la station côtière pour tout ce qui a trait à l'ordre et à l'heure de transmission, au choix de la fréquence, à la durée et à la suspension du travail.

(2) Dans les communications entre stations de navire, la station appelée a la direction du travail selon les conditions indiquées au § 30.(1) ci-dessus. Cependant, si une station côtière estime nécessaire d'intervenir, les stations de navire se conforment à ses instructions.

RECOMMANDATION UIT-R M.1172*

ABRÉVIATIONS ET SIGNAUX DIVERS À EMPLOYER DANS LES RADIOCOMMUNICATIONS DU SERVICE MOBILE MARITIME

(1995)

L'Assemblée des radiocommunications de l'UIT,

considérant

a) qu'il est nécessaire de décrire les abréviations et signaux divers à employer dans les radiocommunications du service mobile maritime,

recommande

1 d'utiliser les abréviations et signaux divers pour les radiocommunications du service mobile maritime conformément à l'Annexe 1.

ANNEXE 1

Abréviations et signaux divers à employer dans les radiocommunications du service mobile maritime

Section I. Code Q

Introduction

1 Les séries de groupes mentionnées dans la présente Annexe vont de QOA à QUZ.

2 Les séries QOA à QQZ sont réservées au service mobile maritime.

3 On peut donner un sens affirmatif ou négatif à certaines abréviations du code Q en transmettant, immédiatement après l'abréviation, la lettre C ou les lettres NO (en radiotéléphonie, mot de code CHARLIE ou prononciation NO).

4 La signification des abréviations du code Q peut être étendue ou complétée par l'adjonction appropriée d'autres abréviations, d'indicatifs d'appel, de noms de lieux, de chiffres, de numéros, etc. Les espaces en blanc contenus entre parenthèses correspondent à des indications facultatives. Ces indications sont transmises dans l'ordre où elles se trouvent dans le texte des tables ci-après.

5 Les abréviations du code Q prennent la forme de questions quand elles sont suivies d'un point d'interrogation en radiotélégraphie et de RQ (ROMEO QUEBEC) en radiotéléphonie. Quand une abréviation employée comme question est suivie d'indications additionnelles ou complémentaires, il convient de placer le point d'interrogation ou l'abréviation RQ après ces indications.

6 Les abréviations du code Q qui comportent plusieurs significations numérotées sont suivies du numéro approprié qui précise le sens choisi. Ce numéro est transmis immédiatement après l'abréviation.

7 Les heures sont indiquées en Temps universel coordonné (UTC) à moins d'indications contraires dans les questions ou réponses.

8 Un astérisque * placé à la suite d'une abréviation du code Q signifie que ce signal a une signification analogue à celle d'un signal qui figure dans le Code international de signaux.

* Cette Recommandation doit être portée à l'attention de l'Organisation maritime internationale (OMI).

Abréviations utilisables dans le service mobile maritime

A. Liste des abréviations par ordre alphabétique

Abré-viation	Question	Réponse ou avis
QOA	Pouvez-vous communiquer en radiotélégraphie (500 kHz)?	Je peux communiquer en radiotélégraphie (500 kHz).
QOB	Pouvez-vous communiquer en radiotéléphonie (2 182 kHz)?	Je peux communiquer en radiotéléphonie (2 182 kHz).
QOC	Pouvez-vous communiquer en radiotéléphonie (voie 16 – fréquence 156,80 MHz)?	Je peux communiquer en radiotéléphonie (voie 16 – fréquence 156,80 MHz).
QOD	Pouvez-vous communiquer avec moi en … 0. néerlandais 5. italien 1. anglais 6. japonais 2. français 7. norvégien 3. allemand 8. russe 4. grec 9. espagnol?	Je peux communiquer avec vous en … 0. néerlandais 5. italien 1. anglais 6. japonais 2. français 7. norvégien 3. allemand 8. russe 4. grec 9. espagnol.
QOE	Avez-vous reçu le signal de sécurité transmis par … *(nom ou indicatif d'appel, ou les deux)*?	J'ai reçu le signal de sécurité transmis par … *(nom ou indicatif d'appel, ou les deux)*.
QOF	Quelle est la qualité commerciale de mes signaux?	La qualité de vos signaux est … 1. non commerciale 2. tout juste commerciale 3. commerciale.
QOG	Combien de bandes avez-vous à transmettre?	J'ai … bandes à transmettre.
QOH	Dois-je émettre un signal de mise en phase pendant … secondes?	Emettez un signal de mise en phase pendant … secondes.
QOI	Dois-je transmettre ma bande?	Transmettez votre bande.
QOJ	Voulez-vous écouter sur la fréquence … kHz (*ou* MHz) des signaux de radiobalises de localisation des sinistres?	J'écoute sur la fréquence … kHz (*ou* MHz) des signaux de radiobalises de localisation des sinistres.

Abré-viation	Question	Réponse ou avis
QOK	Avez-vous reçu sur la fréquence … kHz (*ou* MHz) les signaux d'une radiobalise de localisation des sinistres?	J'ai reçu sur la fréquence … kHz (*ou* MHz) les signaux d'une radiobalise de localisation des sinistres.
QOL	Votre navire peut-il recevoir les appels sélectifs? Dans l'affirmative, quel est son numéro ou signal d'appel sélectif?	Mon navire peut recevoir les appels sélectifs; son numéro ou signal d'appel sélectif est …
QOM	Quelles sont les fréquences à utiliser pour qu'un appel sélectif parvienne à votre navire?	La ou les fréquences à utiliser pour un appel sélectif sont les suivantes … (le cas échéant, indiquer en outre les périodes de temps appropriées).
QOO	Pouvez-vous transmettre sur l'une quelconque des fréquences de travail?	Je peux transmettre sur l'une quelconque des fréquences de travail.
QOT	Entendez-vous mon appel? Quelle est à peu près la durée (en minutes) pendant laquelle je dois attendre avant que nous puissions échanger du trafic?	J'entends votre appel; l'attente est approximativement de … minutes.
QRA	Quel est le nom de votre navire (*ou* de votre station)?	Le nom de mon navire (*ou* de ma station) est …
QRB	A quelle distance approximative vous trouvez-vous de ma station?	La distance approximative entre nos stations est de … milles marins (*ou* kilomètres).
QRC	Par quelle exploitation privée (*ou* administration d'Etat) sont liquidés les comptes de taxes de votre station?	Les comptes de taxes de ma station sont liquidés par l'exploitation privée … (*ou* par l'administration d'Etat ...).
QRD	Où allez-vous et d'où venez-vous?	Je vais à …et je viens de …
QRE	A quelle heure comptez-vous arriver à … (*ou* au-dessus de …) *(lieu)*?	Je compte arriver à … (*ou* au-dessus de ...) *(lieu)* à … heures.
QRF	Retournez-vous à … *(lieu)*?	Je retourne à … *(lieu)* *ou* Retournez à … *(lieu)*.

Abré-viation	Question	Réponse ou avis
QRG	Voulez-vous m'indiquer ma fréquence exacte (*ou* la fréquence exacte de …)?	Votre fréquence exacte (*ou* la fréquence exacte de …) est … kHz (*ou* MHz).
QRH	Ma fréquence varie-t-elle?	Votre fréquence varie.
QRI	Quelle est la tonalité de mon émission?	La tonalité de votre émission est… 1. bonne 2. variable 3. mauvaise.
QRJ	Combien de demandes de conversation radiotéléphonique avez-vous en instance?	J'ai … demandes de conversation radiotéléphonique en instance.
QRK	Quelle est l'intelligibilité de ma transmission (*ou* de la transmission de … *(nom ou indicatif d'appel ou les deux)*?	L'intelligibilité de votre transmission (*ou* de la transmission de … *(nom ou indicatif d'appel ou les deux)*) est … 1. mauvaise 2. médiocre 3. assez bonne 4. bonne 5. excellente.
QRL	Etes-vous occupé?	Je suis occupé (*ou* je suis occupé avec … *(nom ou indicatif d'appel ou les deux)*). Prière de ne pas brouiller.
QRM	Mon émission est-elle brouillée?	Votre émission est brouillée … 1. votre émission n'est nullement brouillée 2. faiblement 3. modérément 4. fortement 5. très fortement.
QRN	Etes-vous gêné par des parasites?	Je suis gêné par des parasites … 1. je ne suis nullement gêné par des parasites 2. faiblement 3. modérément 4. fortement 5. très fortement.

Abré-viation	Question	Réponse ou avis
QRO	Dois-je augmenter la puissance d'émission?	Augmentez la puissance d'émission.
QRP	Dois-je diminuer la puissance d'émission?	Diminuez la puissance d'émission.
QRQ	Dois-je transmettre plus vite?	Transmettez plus vite (… mots par minute).
QRR	Etes-vous prêt pour l'emploi des appareils automatiques?	Je suis prêt pour l'emploi des appareils automatiques. Transmettez à la vitesse de … mots par minute.
QRS	Dois-je transmettre plus lentement?	Transmettez plus lentement (… mots par minute).
QRT	Dois-je cesser la transmission?	Cessez la transmission.
QRU	Avez-vous quelque chose pour moi?	Je n'ai rien pour vous.
QRV	Etes-vous prêt?	Je suis prêt.
QRW	Dois-je aviser … que vous l'appelez sur … kHz (*ou* MHz)?	Prière d'aviser … que je l'appelle sur … kHz (*ou* MHz).
QRX	A quel moment me rappellerez-vous?	Je vous rappellerai à … heures sur … kHz (*ou* MHz).
QRY	Quel est mon tour? *(Concerne les communications.)*	Le numéro de votre tour est … *(ou d'après toute autre indication). (Concerne les communications.)*
QRZ	Par qui suis-je appelé?	Vous êtes appelé par … (sur ... kHz (*ou* MHz)).
QSA	Quelle est la force de mes signaux (*ou* des signaux de … *(nom ou indicatif d'appel ou les deux)*)?	La force de vos signaux (*ou* des signaux de … *(nom ou indicatif d'appel ou les deux)*) est … 1. à peine perceptible 2. faible 3. assez bonne 4. bonne 5. très bonne.

Abré-viation	Question	Réponse ou avis
QSB	La force de mes signaux varie-t-elle?	La force de vos signaux varie.
QSC	Etes-vous une station de navire à faible trafic?	Je suis une station de navire à faible trafic.
QSD	Mes signaux sont-ils mutilés?	Vos signaux sont mutilés.
QSE*	Quelle est la dérive estimée de l'engin de sauvetage?	La dérive estimée de l'engin de sauvetage est … *(chiffres et unité).*
QSF*	Avez-vous effectué le sauvetage?	J'ai effectué le sauvetage et je me dirige sur la base de … (avec … blessés nécessitant ambulance).
QSG	Dois-je transmettre … télégrammes à la fois?	Transmettez … télégrammes à la fois.
QSH	Pouvez-vous effectuer un ralliement avec votre radiogoniomètre?	Je peux effectuer un ralliement (rallier ... *(nom ou indicatif d'appel ou les deux)*) avec mon radiogoniomètre.
QSI		Il m'a été impossible d'interrompre votre transmission. *ou* Voulez-vous informer … *(nom ou indicatif d'appel ou les deux)* qu'il m'a été impossible d'interrompre sa transmission (sur … kHz (*ou* MHz)).
QSJ	Quelle est la taxe à percevoir pour … y compris votre taxe intérieure?	La taxe à percevoir pour … est de … francs, y compris ma taxe intérieure.
QSK	Pouvez-vous m'entendre entre vos signaux? Dans l'affirmative, puis-je interrompre votre transmission?	Je peux vous entendre entre mes signaux; vous pouvez interrompre ma transmission.
QSL	Pouvez-vous me donner accusé de réception?	Je vous donne accusé de réception.

Abré-viation	Question	Réponse ou avis
QSM	Dois-je répéter le dernier télégramme que je vous ai transmis (*ou* un télégramme précédent)?	Répétez le dernier télégramme que vous m'avez transmis (*ou* le(s) télégramme(s) numéro(s) …).
QSN	M'avez-vous entendu (*ou* avez-vous entendu ... *(nom ou indicatif d'appel ou les deux)*) sur … kHz (*ou* MHz)?	Je vous ai entendu (*ou* j'ai entendu … *(nom ou indicatif d'appel ou les deux)*) sur … kHz (*ou* MHz).
QSO	Pouvez-vous communiquer avec … *(nom ou indicatif d'appel ou les deux)* directement (*ou* par relais)?	Je peux communiquer avec … *(nom ou indicatif d'appel ou les deux)* directement (*ou* par relais par l'intermédiaire de …).
QSP	Voulez-vous retransmettre à … *(nom ou indicatif d'appel ou les deux)* gratuitement?	Je vais retransmettre à … *(nom ou indicatif d'appel ou les deux)* gratuitement.
QSQ	Avez-vous à bord un médecin (*ou* … *(nom d'une personne)*)?	J'ai à bord un médecin (*ou* … *(nom d'une personne)*).
QSR	Dois-je répéter l'appel sur la fréquence d'appel?	Répétez l'appel sur la fréquence d'appel. Je ne vous ai pas entendu (*ou* il y a eu du brouillage).
QSS	Quelle fréquence de travail allez-vous utiliser?	Je vais utiliser la fréquence de travail … kHz (*ou* MHz) *(en ondes décamétriques, il suffira en règle générale d'indiquer les trois derniers chiffres de la fréquence)*.
QSU	Dois-je transmettre ou répondre sur la fréquence actuelle (*ou* sur … kHz (*ou* MHz)) (en émission de la classe …)?	Transmettez ou répondez sur la fréquence actuelle (*ou* sur … kHz (*ou* MHz)) (en émission de la classe …).
QSV	Dois-je transmettre une série de V (*ou* de signaux) pour réglage sur cette fréquence (*ou* sur … kHz (*ou* MHz))?	Transmettez une série de V (*ou* de signaux) pour réglage sur cette fréquence (*ou* sur … kHz (*ou* MHz)).

Abré-viation	Question	Réponse ou avis
QSW	Voulez-vous transmettre sur la fréquence actuelle (*ou* sur … kHz (*ou* MHz)) (en émission de la classe …)?	Je vais transmettre sur la fréquence actuelle (*ou* sur … kHz (*ou* MHz)) (en émission de la classe …).
QSX	Voulez-vous écouter … *(nom ou indicatif d'appel ou les deux)* sur … kHz (*ou* MHz) ou dans les bandes …/voies …?	J'écoute … *(nom ou indicatif d'appel ou les deux)* sur … kHz (*ou* MHz) ou dans les bandes …/voies …
QSY	Dois-je passer à la transmission sur une autre fréquence?	Passez à la transmission sur une autre fréquence (*ou* sur … kHz (*ou* MHz)).
QSZ	Dois-je transmettre chaque mot ou groupe plusieurs fois?	Transmettez chaque mot ou groupe deux fois (*ou* … fois).
QTA	Dois-je annuler le télégramme (*ou* le message) numéro …?	Annulez le télégramme (*ou* le message) numéro …
QTB	Etes-vous d'accord avec mon compte de mots?	Je ne suis pas d'accord avec votre compte de mots. Je vais répéter la première lettre de chaque mot et le premier chiffre de chaque nombre.
QTC	Combien avez-vous de télégrammes à transmettre?	J'ai … télégrammes pour vous (*ou* pour … *(nom ou indicatif d'appel ou les deux)*).
QTD*	Qu'a repêché le navire de sauvetage ou l'aéronef de sauvetage?	… *(identification)* a repêché ... 1. … *(nombre)* survivants 2. épave 3. … *(nombre)* cadavres.
QTE	Quel est mon relèvement VRAI relativement à vous? *ou* Quel est mon relèvement VRAI relativement à … *(nom ou indicatif d'appel ou les deux)*? *ou*	Votre relèvement VRAI relativement à moi est de … degrés à … heures. *ou* Votre relèvement VRAI relativement à … *(nom ou indicatif d'appel ou les deux)* était de … degrés à … heures. *ou*

Abré-viation	Question	Réponse ou avis
QTE (suite)	Quel est le relèvement VRAI de … *(nom ou indicatif d'appel ou les deux)* relativement à … *(nom ou indicatif d'appel ou les deux)*?	Le relèvement VRAI de … *(nom ou indicatif d'appel ou les deux)* relativement à … *(nom ou indicatif d'appel ou les deux)* était de … degrés à … heures.
QTF	Voulez-vous m'indiquer ma position résultant des relèvements pris par les stations radiogoniométriques que vous contrôlez?	Votre position résultant des relèvements pris par les stations radiogoniométriques que je contrôle était … latitude, … longitude *(ou une autre indication de la position)*, classe … à … heures.
QTG	Voulez-vous transmettre deux traits de dix secondes chacun (*ou* la porteuse pendant deux périodes de dix secondes), puis votre indicatif d'appel (*ou* votre nom) (répétés … fois) sur … kHz (*ou* MHz)? *ou* Voulez-vous demander à … *(nom ou indicatif d'appel ou les deux)* de transmettre deux traits de dix secondes (*ou* la porteuse pendant deux périodes de dix secondes) puis son indicatif d'appel (*ou* son nom *ou les deux*) (répétés … fois) sur … kHz (*ou* MHz)?	Je vais transmettre deux traits de dix secondes chacun (*ou* la porteuse pendant deux périodes de dix secondes), puis mon indicatif d'appel (*ou* mon nom), (répétés … fois) sur … kHz (*ou* MHz). *ou* J'ai demandé à … *(nom ou indicatif d'appel ou les deux)* de transmettre deux traits de dix secondes (*ou* la porteuse pendant deux périodes de dix secondes), puis son indicatif d'appel (*ou* son nom *ou les deux*) (répétés … fois) sur … kHz (*ou* MHz).
QTH	Quelle est votre position en latitude et en longitude *(ou d'après toute autre indication)*?	Ma position est … latitude, … longitude *(ou d'après toute autre indication)*.
QTI*	Quelle est votre route VRAIE?	Ma route VRAIE est de ... degrés.

Abré-viation	Question	Réponse ou avis
QTJ*	Quelle est votre vitesse de marche? *(Demande la vitesse du navire ou de l'aéronef par rapport à l'eau ou à l'air respectivement.)*	Ma vitesse de marche est de … nœuds (*ou* de … kilomètres à l'heure, *ou* de … milles terrestres à l'heure). *(Indique la vitesse du navire ou de l'aéronef par rapport à l'eau ou à l'air respectivement.)*
QTK*	Quelle est la vitesse de votre aéronef par rapport à la surface de la Terre?	La vitesse de mon aéronef est de … nœuds (*ou* de … kilomètres à l'heure, *ou* de … milles terrestres à l'heure) par rapport à la surface de la Terre.
QTL*	Quel est votre cap VRAI?	Mon cap VRAI est de … degrés.
QTM*	Quel est votre cap MAGNÉTIQUE?	Mon cap MAGNÉTIQUE est de … degrés.
QTN	A quelle heure avez-vous quitté … *(lieu)*?	J'ai quitté … *(lieu)* à … heures.
QTO	Etes-vous sorti du bassin (*ou* du port)? *ou* Avez-vous décollé?	Je suis sorti du bassin (*ou* du port). *ou* J'ai décollé.
QTP	Allez-vous entrer dans le bassin (*ou* dans le port)? *ou* Allez-vous amerrir (*ou* atterrir)?	Je vais entrer dans le bassin (*ou* dans le port). *ou* Je vais amerrir (*ou* atterrir).
QTQ	Pouvez-vous communiquer avec ma station à l'aide du Code international de signaux (INTERCO)?	Je vais communiquer avec votre station à l'aide du Code international de signaux (INTERCO).
QTR	Quelle est l'heure exacte?	L'heure exacte est ...
QTS	Voulez-vous transmettre votre indicatif d'appel (*ou* votre nom, *ou les deux*) pendant … secondes?	Je vais transmettre mon indicatif d'appel (*ou* mon nom, *ou les deux*) pendant … secondes.
QTT		Le signal d'identification qui suit est superposé à une autre émission.

Abré-viation	Question	Réponse ou avis
QTU	Quelles sont les heures pendant lesquelles votre station est ouverte?	Ma station est ouverte de … à … heures.
QTV	Dois-je prendre la veille à votre place sur la fréquence … kHz (*ou* MHz) (de … à … heures)?	Prenez la veille à ma place sur la fréquence … kHz (*ou* MHz) (de … à … heures).
QTW*	Quel est l'état des survivants?	Les survivants sont en … état et ont d'urgence besoin de …
QTX	Voulez-vous laisser votre station ouverte pour communiquer avec moi jusqu'à nouvel avis de ma part (*ou* jusqu'à … heures)?	Ma station reste ouverte pour communiquer avec vous jusqu'à nouvel avis de votre part (*ou* jusqu'à … heures).
QTY*	Vous dirigez-vous vers le lieu de l'accident et, dans l'affirmative, quand pensez-vous arriver?	Je me dirige vers le lieu de l'accident et je pense arriver à … heures (… *(date)*).
QTZ*	Continuez-vous les recherches?	Je continue les recherches (de … aéronef, navire, engin de sauvetage, survivants, épave).
QUA	Avez-vous des nouvelles de … *(nom ou indicatif d'appel ou les deux)*?	Voici des nouvelles de … *(nom ou indicatif d'appel ou les deux).*
QUB*	Pouvez-vous me donner dans l'ordre, les renseignements concernant: la direction VRAIE et la vitesse du vent au sol; la visibilité, le temps qu'il fait, l'importance, le type et la hauteur de la base des nuages au-dessus de … *(lieu d'observation)*?	Voici les renseignements demandés: … *(Il convient de préciser les unités utilisées pour les vitesses et les distances.)*

Abréviation	Question	Réponse ou avis
QUC	Quel est le numéro *(ou autre indication)* du dernier message que vous avez reçu de moi (*ou* de … *(nom ou indicatif d'appel ou les deux)*)?	Le numéro *(ou autre indication)* du dernier message que j'ai reçu de vous (*ou* de … *(nom ou indicatif d'appel ou les deux)*) est …
QUD	Avez-vous reçu le signal d'urgence émis par … *(nom ou indicatif d'appel ou les deux)*?	J'ai reçu le signal d'urgence émis par … *(nom ou indicatif d'appel ou les deux)* à … heures.
QUE	Pouvez-vous converser en … *(langue)*, au besoin avec un interprète; dans l'affirmative, sur quelles fréquences?	Je peux converser en … *(langue)* sur … kHz (*ou* MHz).
QUF	Avez-vous reçu le signal de détresse émis par … *(nom ou indicatif d'appel ou les deux)*?	J'ai reçu le signal de détresse émis par … *(nom ou indicatif d'appel ou les deux)* à … heures.
QUH*	Voulez-vous m'indiquer la pression barométrique actuelle au niveau de la mer?	La pression barométrique actuelle au niveau de la mer est de … *(unités)*.
QUM	Puis-je reprendre le travail normal?	On peut reprendre le travail normal.
QUN	1. *Posée à toutes les stations:* les navires dans mon voisinage immédiat *ou* (dans le voisinage de … latitude, … longitude) *ou* (dans le voisinage de …) peuvent-ils m'indiquer leur position, cap VRAI et vitesse? 2. *Posée à une seule station:* veuillez indiquer votre position, cap VRAI et vitesse.	Ma position, mon cap VRAI et ma vitesse sont …

Abré-viation	Question	Réponse ou avis
QUO*	Dois-je rechercher … 1. un aéronef 2. un navire 3. un engin de sauvetage dans le voisinage de … latitude, … longitude *(ou d'après toute autre indication)*?	Veuillez rechercher … 1. un aéronef 2. un navire 3. un engin de sauvetage dans le voisinage de … latitude, … longitude *(ou d'après toute autre indication)*.
QUP*	Voulez-vous indiquer votre position par … 1. projecteur 2. fumée noire 3. fusées lumineuses?	Ma position est indiquée par … 1. projecteur 2. fumée noire 3. fusées lumineuses.
QUR*	Les survivants ont-ils … 1.reçu l'équipement de sauvetage 2. été recueillis par un navire 3. été rejoints par l'équipe de sauvetage au sol?	Les survivants ont … 1. reçu l'équipement de sauvetage lancé par … 2. été recueillis par un navire 3. été rejoints par l'équipe de sauvetage au sol.
QUS*	Avez-vous aperçu des survivants ou des débris? Si oui, à quel endroit?	J'ai aperçu … 1. des survivants dans l'eau 2. des survivants sur des radeaux 3. des débris ou épaves à … latitude, … longitude, *(ou d'après toute autre indication)*.
QUT*	Le lieu de l'accident est-il indiqué?	Le lieu de l'accident est indiqué par … 1. brûlot ou bouée fumigène 2. balise marine 3. produit colorant 4. … *(autre dispositif à spécifier).*

Abré-viation	Question	Réponse ou avis
QUU*	Dois-je diriger le navire ou l'aéronef sur ma position?	Dirigez le navire ou l'aéronef … *(nom ou indicatif d'appel ou les deux)* ... 1. sur votre position en transmettant votre indicatif d'appel et des traits prolongés sur … kHz (*ou* MHz) 2. en transmettant sur … kHz (*ou* MHz) la route VRAIE pour vous atteindre.
QUW*	Etes-vous sur la zone de recherches … *(symbole ou latitude et longitude)*?	Je suis sur la zone de recherches … *(désignation).*
QUX	Avez-vous en instance des avis relatifs à la navigation ou à une tempête?	J'ai en instance l'avis (les avis) suivant(s) relatif(s) à la navigation ou à une tempête: …
QUY*	L'emplacement de l'engin de sauvetage a-t-il été balisé?	L'emplacement de l'engin de sauvetage a été balisé à … heures par … 1. brûlot ou bouée fumigène 2. balise marine 3. produit colorant 4. … *(autre dispositif à spécifier).*
QUZ	Puis-je reprendre un travail restreint?	Procédure de détresse encore en vigueur, un travail restreint peut être repris.

B. Liste des abréviations par nature des questions, réponses ou avis

Abré-viation	Question	Réponse ou avis
	Nom	
QRA	Quel est le nom de votre navire (*ou* de votre station …)?	Le nom de mon navire (*ou* de ma station) est …
	Parcours	
QRD	Où allez-vous et d'où venez-vous?	Je vais à … et je viens de …
	Position	
QRB	A quelle distance approximative vous trouvez-vous de ma station?	La distance approximative entre nos stations est de … milles marins (*ou* kilomètres).
QTH	Quelle est votre position en latitude et en longitude *(ou d'après toute autre indication)*?	Ma position est … latitude, … longitude *(ou d'après toute autre indication)*.
QTN	A quelle heure avez-vous quitté … *(lieu)*?	J'ai quitté … *(lieu)* à … heures.
	Qualité des signaux	
QOF	Quelle est la qualité commerciale de mes signaux?	La qualité de vos signaux est … 1. non commerciale 2. tout juste commerciale 3. commerciale.
QRI	Quelle est la tonalité de mon émission?	La tonalité de votre émission est… 1. bonne 2. variable 3. mauvaise.

Abré-viation	Question	Réponse ou avis
	Qualité des signaux (suite)	
QRK	Quelle est l'intelligibilité de ma transmission (*ou* de la transmission de … *(nom ou indicatif d'appel ou les deux)*)?	L'intelligibilité de votre transmission (*ou* de la transmission de … *(nom ou indicatif d'appel ou les deux)*) est … 1. mauvaise 2. médiocre 3. assez bonne 4. bonne 5. excellente.
	Force des signaux	
QRO	Dois-je augmenter la puissance d'émission?	Augmentez la puissance d'émission.
QRP	Dois-je diminuer la puissance d'émission?	Diminuez la puissance d'émission.
QSA	Quelle est la force de mes signaux (*ou* des signaux de … *(nom ou indicatif d'appel ou les deux)*)?	La force de vos signaux (*ou* des signaux de … *(nom ou indicatif d'appel ou les deux)*) est … 1. à peine perceptible 2. faible 3. assez bonne 4. bonne 5. très bonne.
QSB	La force de mes signaux varie-t-elle?	La force de vos signaux varie.
	Manipulation	
QRQ	Dois-je transmettre plus vite?	Transmettez plus vite (… mots par minute).
QRR	Etes-vous prêt pour l'emploi des appareils automatiques?	Je suis prêt pour l'emploi des appareils automatiques. Transmettez à la vitesse de … mots par minute.

Abré-viation	Question	Réponse ou avis
	Manipulation (suite)	
QRS	Dois-je transmettre plus lentement?	Transmettez plus lentement (… mots par minute).
QSD	Mes signaux sont-ils mutilés?	Vos signaux sont mutilés.
	Brouillage	
QRM	Mon émission est-elle brouillée?	Votre émission est brouillée … 1. votre émission n'est nullement brouillée 2. faiblement 3. modérément 4. fortement 5. très fortement.
QRN	Etes-vous gêné par des parasites?	Je suis gêné par des parasites … 1. je ne suis nullement gêné par des parasites 2. faiblement 3. modérément 4. fortement 5. très fortement.
	Réglage de la fréquence	
QRG	Voulez-vous m'indiquer ma fréquence exacte (*ou* la fréquence exacte de …)?	Votre fréquence exacte (*ou* la fréquence exacte de …) est … kHz (*ou* MHz).
QRH	Ma fréquence varie-t-elle?	Votre fréquence varie.
QTS	Voulez-vous transmettre votre indicatif d'appel (*ou* votre nom, *ou les deux*) pendant … secondes?	Je vais transmettre mon indicatif d'appel (*ou* mon nom, *ou les deux*) pendant … secondes.
	Choix de la fréquence et/ou de la classe d'émission	
QOO	Pouvez-vous transmettre sur l'une quelconque des fréquences de travail?	Je peux transmettre sur l'une quelconque des fréquences de travail.

Abré-viation	Question	Réponse ou avis
	Choix de la fréquence et/ou de la classe d'émission (suite)	
QSN	M'avez-vous entendu (*ou* avez-vous entendu … *(nom ou indicatif d'appel ou les deux)*) sur … kHz (*ou* MHz)?	Je vous ai entendu (*ou* j'ai entendu … *(nom ou indicatif d'appel ou les deux)*) sur … kHz (*ou* MHz).
QSS	Quelle fréquence de travail allez-vous utiliser?	Je vais utiliser la fréquence de travail … kHz (*ou* MHz) *(en ondes décamétriques, il suffira en règle générale d'indiquer les trois derniers chiffres de la fréquence)*.
QSU	Dois-je transmettre ou répondre sur la fréquence actuelle (*ou* sur … kHz (*ou* MHz)) (en émission de la classe …)?	Transmettez ou répondez sur la fréquence actuelle (*ou* sur … kHz (*ou* MHz)) (en émission de la classe …).
QSV	Dois-je transmettre une série de V (*ou* de signaux) (pour réglage sur cette fréquence (*ou* sur … kHz (*ou* MHz))?	Transmettez une série de V (*ou* de signaux) pour réglage sur cette fréquence (*ou* sur … kHz (*ou* MHz)).
QSW	Voulez-vous transmettre sur la fréquence actuelle (*ou* sur … kHz (*ou* MHz)) (en émission de la classe …)?	Je vais transmettre sur la fréquence actuelle (*ou* sur … kHz (*ou* MHz)) (en émission de la classe …).
QSX	Voulez-vous écouter … *(nom ou indicatif d'appel ou les deux)* sur … kHz (*ou* MHz) ou dans les bandes …/voies …?	J'écoute … *(nom ou indicatif d'appel ou les deux)* sur … kHz (*ou* MHz) ou dans les bandes …/voies …
	Changement de fréquence	
QSY	Dois-je passer à la transmission sur une autre fréquence?	Passez à la transmission sur une autre fréquence (*ou* sur … kHz (*ou* MHz)).
	Etablissement de la communication	
QOA	Pouvez-vous communiquer en radiotélégraphie (500 kHz)?	Je peux communiquer en radiotélégraphie (500 kHz).

Abré-viation	Question	Réponse ou avis
	Etablissement de la communication (suite)	
QOB	Pouvez-vous communiquer en radiotéléphonie (2 182 kHz)?	Je peux communiquer en radiotéléphonie (2 182 kHz).
QOC	Pouvez-vous communiquer en radiotéléphonie (voie 16 – fréquence 156,80 MHz)?	Je peux communiquer en radiotéléphonie (voie 16 – fréquence 156,80 MHz).
QOD	Pouvez-vous communiquer avec moi en … 0. néerlandais 5. italien 1. anglais 6. japonais 2. français 7. norvégien 3. allemand 8. russe 4. grec 9. espagnol?	Je peux communiquer avec vous en … 0. néerlandais 5. italien 1. anglais 6. japonais 2. français 7. norvégien 3. allemand 8. russe 4. grec 9. espagnol.
QOT	Entendez-vous mon appel? Quelle est à peu près la durée (en minutes) pendant laquelle je dois attendre avant que nous puissions échanger du trafic?	J'entends votre appel; l'attente est approximativement de … minutes.
QRL	Etes-vous occupé?	Je suis occupé (*ou* je suis occupé avec … *(nom ou indicatif d'appel ou les deux)*). Prière de ne pas brouiller.
QRV	Etes-vous prêt?	Je suis prêt.
QRX	A quel moment me rappellerez-vous?	Je vous rappellerai à … heures sur … kHz (*ou* MHz).
QRY	Quel est mon tour? *(Concerne les communications.)*	Le numéro de votre tour est ... *(ou d'après toute autre indication)*. *(Concerne les communications.)*
QRZ	Par qui suis-je appelé?	Vous êtes appelé par … (sur … kHz (*ou* MHz)).
QSC	Etes-vous une station de navire à faible trafic?	Je suis une station de navire à faible trafic.

Abré-viation	Question	Réponse ou avis
	Etablissement de la communication (suite)	
QSR	Dois-je répéter l'appel sur la fréquence d'appel?	Répétez l'appel sur la fréquence d'appel. Je ne vous ai pas entendu (*ou* il y a eu du brouillage).
QTQ	Pouvez-vous communiquer avec ma station à l'aide du Code international de signaux (INTERCO)?	Je vais communiquer avec votre station à l'aide du Code international de signaux (INTERCO).
QUE	Pouvez-vous converser en … *(langue)*, au besoin avec un interprète; dans l'affirmative, sur quelles fréquences?	Je peux converser en … *(langue)* sur … kHz (*ou* MHz).
	Appels sélectifs	
QOL	Votre navire peut-il recevoir les appels sélectifs? Dans l'affirmative, quel est son numéro ou signal d'appel sélectif?	Mon navire peut recevoir les appels sélectifs; son numéro ou signal d'appel sélectif est …
QOM	Quelles sont les fréquences à utiliser pour qu'un appel sélectif parvienne à votre navire?	La ou les fréquences à utiliser pour un appel sélectif sont les suivantes … (le cas échéant, indiquer en outre les périodes de temps appropriées).
	Heure	
QTR	Quelle est l'heure exacte?	L'heure exacte est …
QTU	Quelles sont les heures pendant lesquelles votre station est ouverte?	Ma station est ouverte de … à … heures.
	Taxes	
QRC	Par quelle exploitation privée (*ou* administration d'Etat) sont liquidés les comptes de taxes de votre station?	Les comptes de taxes de ma station sont liquidés par l'exploitation privée … (*ou* par l'administration d'Etat …).

Abré-viation	Question	Réponse ou avis
	Taxes (suite)	
QSJ	Quelle est la taxe à percevoir pour … y compris votre taxe intérieure?	La taxe à percevoir pour … est de … francs, y compris ma taxe intérieure.
	Transit	
QRW	Dois-je aviser … que vous l'appelez sur … kHz (*ou* MHz)?	Prière d'aviser … que je l'appelle sur … kHz (*ou* MHz).
QSO	Pouvez-vous communiquer avec … *(nom ou indicatif d'appel ou les deux)* directement (*ou* par relais)?	Je peux communiquer avec … *(nom ou indicatif d'appel ou les deux)* directement (*ou* par relais par l'intermédiaire de …).
QSP	Voulez-vous retransmettre à … *(nom ou indicatif d'appel ou les deux)* gratuitement?	Je vais retransmettre à … *(nom ou indicatif d'appel ou les deux)* gratuitement.
QSQ	Avez-vous à bord un médecin (*ou* … *(nom d'une personne)*)?	J'ai à bord un médecin *(ou* … *(nom d'une personne)*).
QUA	Avez-vous des nouvelles de … *(nom ou indicatif d'appel ou les deux)*?	Voici des nouvelles de … *(nom ou indicatif d'appel ou les deux).*
QUC	Quel est le numéro *(ou autre indication)* du dernier message que vous avez reçu de moi (*ou* de … *(nom ou indicatif d'appel ou les deux)*)?	Le numéro *(ou autre indication)* du dernier message que j'ai reçu de vous (*ou* de … *(nom ou indicatif d'appel ou les deux)*) est …
	Acheminement de la correspondance	
QOG	Combien de bandes avez-vous à transmettre?	J'ai … bandes à transmettre.
QOH	Dois-je émettre un signal de mise en phase pendant … secondes?	Emettez un signal de mise en phase pendant … secondes.

Abré-viation	Question	Réponse ou avis
	Acheminement de la correspondance (suite)	
QOI	Dois-je transmettre ma bande?	Transmettez votre bande.
QRJ	Combien de demandes de conversation radiotéléphonique avez-vous en instance?	J'ai … demandes de conversation radiotéléphonique en instance.
QRU	Avez-vous quelque chose pour moi?	Je n'ai rien pour vous.
QSG	Dois-je transmettre … télégrammes à la fois?	Transmettez … télégrammes à la fois.
QSI		Il m'a été impossible d'interrompre votre transmission. *ou* Voulez-vous informer … *(nom ou indicatif d'appel ou les deux)* qu'il m'a été impossible d'interrompre sa transmission (sur … kHz (*ou* MHz)).
QSK	Pouvez-vous m'entendre entre vos signaux? Dans l'affirmative, puis-je interrompre votre transmission?	Je peux vous entendre entre mes signaux; vous pouvez interrompre ma transmission.
QSL	Pouvez-vous me donner accusé de réception?	Je vous donne accusé de réception.
QSM	Dois-je répéter le dernier télégramme que je vous ai transmis (*ou* un télégramme précédent)?	Répétez le dernier télégramme que vous m'avez transmis (*ou* le(s) télégramme(s) numéro(s) …).
QSZ	Dois-je transmettre chaque mot ou groupe plusieurs fois?	Transmettez chaque mot ou groupe deux fois (*ou* … fois).
QTA	Dois-je annuler le télégramme (*ou* le message) numéro …?	Annulez le télégramme (*ou* le message) numéro …
QTB	Etes-vous d'accord avec mon compte de mots?	Je ne suis pas d'accord avec votre compte de mots. Je vais répéter la première lettre de chaque mot et le premier chiffre de chaque nombre.

Abré-viation	Question	Réponse ou avis
	Acheminement de la correspondance (suite)	
QTC	Combien avez-vous de télé-grammes à transmettre?	J'ai ... télégrammes pour vous (*ou* pour … *(nom ou indicatif d'appel ou les deux)*).
QTV	Dois-je prendre la veille à votre place sur la fréquence … kHz (*ou* MHz) (de … à … heures)?	Prenez la veille à ma place sur la fréquence … kHz (*ou* MHz) (de … à … heures).
QTX	Voulez-vous laisser votre station ouverte pour communiquer avec moi jusqu'à nouvel avis de ma part (*ou* jusqu'à … heures)?	Ma station reste ouverte pour communiquer avec vous jusqu'à nouvel avis de votre part (*ou* jusqu'à … heures).
	Mouvement	
QRE	A quelle heure comptez-vous arriver à … (*ou* au-dessus de …) *(lieu)*?	Je compte arriver à … (*ou* au-dessus de …) *(lieu)* à … heures.
QRF	Retournez-vous à … *(lieu)*?	Je retourne à … *(lieu)* *ou* Retournez à … *(lieu)*.
QSH	Pouvez-vous effectuer un ralliement avec votre radiogonio-mètre?	Je peux effectuer un ralliement (rallier … *(nom ou indicatif d'appel ou les deux)*) avec mon radiogoniomètre.
QTI*	Quelle est votre route VRAIE?	Ma route VRAIE est de … degrés.
QTJ*	Quelle est votre vitesse de marche?	Ma vitesse de marche est de … nœuds (*ou* de … kilomètres à l'heure, *ou* de … milles terrestres à l'heure).
	(Demande la vitesse du navire ou de l'aéronef par rapport à l'eau ou à l'air respectivement.)	*(Indique la vitesse du navire ou de l'aéronef par rapport à l'eau ou à l'air respectivement.)*

Abré-viation	Question	Réponse ou avis
	Mouvement (suite)	
QTK*	Quelle est la vitesse de votre aéronef par rapport à la surface de la Terre?	La vitesse de mon aéronef est de … nœuds (*ou* de … kilomètres à l'heure, *ou* de … milles terrestres à l'heure) par rapport à la surface de la Terre.
QTL*	Quel est votre cap VRAI?	Mon cap VRAI est de … degrés.
QTM*	Quel est votre cap MAGNÉTIQUE?	Mon cap MAGNÉTIQUE est de … degrés.
QTN	A quelle heure avez-vous quitté … *(lieu)*?	J'ai quitté … *(lieu)* à … heures.
QTO	Etes-vous sorti du bassin (*ou* du port)? *ou* Avez-vous décollé?	Je suis sorti du bassin (*ou* du port). *ou* J'ai décollé.
QTP	Allez-vous entrer dans le bassin (*ou* dans le port)? *ou* Allez-vous amerrir (*ou* atterrir)?	Je vais entrer dans le bassin (*ou* dans le port). *ou* Je vais amerrir (*ou* atterrir).
QUN	1. *Posée à toutes les stations:* les navires dans mon voisinage immédiat *ou* (dans le voisinage de … latitude, ... longitude) *ou* (dans le voisinage de …) peuvent-ils m'indiquer leur position, cap VRAI et vitesse? 2. *Posée à une seule station:* veuillez indiquer votre position, cap VRAI et vitesse.	Ma position, mon cap VRAI et ma vitesse sont …

Abré-viation	Question	Réponse ou avis
	Météorologie	
QUB*	Pouvez-vous me donner dans l'ordre, les renseignements concernant: la direction VRAIE et la vitesse du vent au sol; la visibilité, le temps qu'il fait, l'importance, le type et la hauteur de la base des nuages au-dessus de … *(lieu d'observation)*?	Voici les renseignements demandés: … *(Il convient de préciser les unités utilisées pour les vitesses et les distances.)*
QUH*	Voulez-vous m'indiquer la pression barométrique actuelle au niveau de la mer?	La pression barométrique actuelle au niveau de la mer est de … *(unités).*
QUX	Avez-vous en instance des avis relatifs à la navigation ou à une tempête?	J'ai en instance l'avis (les avis) suivant(s) relatif(s) à la navigation ou à une tempête: …
	Radiogoniométrie	
QTE	Quel est mon relèvement VRAI relativement à vous? *ou* Quel est mon relèvement VRAI relativement à … *(nom ou indicatif d'appel ou les deux)*? *ou* Quel est le relèvement VRAI de … *(nom ou indicatif d'appel ou les deux)* relativement à … *(nom ou indicatif d'appel ou les deux)*?	Votre relèvement VRAI relativement à moi est de ... degrés à ... heures. *ou* Votre relèvement VRAI relativement à … *(nom ou indicatif d'appel ou les deux)* était de … degrés à … heures. *ou* Le relèvement VRAI de … *(nom ou indicatif d'appel ou les deux)* relativement à … *(nom ou indicatif d'appel ou les deux)* était de … degrés à … heures.

Abréviation	Question	Réponse ou avis
	Radiogoniométrie (suite)	
QTF	Voulez-vous m'indiquer ma position résultant des relèvements pris par les stations radiogoniométriques que vous contrôlez?	Votre position résultant des relèvements pris par les stations radiogoniométriques que je contrôle était … latitude, … longitude *(ou une autre indication de la position)*, classe … à … heures.
QTG	Voulez-vous transmettre deux traits de dix secondes chacun (*ou* la porteuse pendant deux périodes de dix secondes), puis votre indicatif d'appel (*ou* votre nom) (répétés … fois) sur … kHz (*ou* MHz)? *ou* Voulez-vous demander à … *(nom ou indicatif d'appel ou les deux)* de transmettre deux traits de dix secondes (*ou* la porteuse pendant deux périodes de dix secondes) puis son indicatif d'appel *(ou* son nom *ou les deux)* (répétés … fois) sur … kHz (*ou* MHz)?	Je vais transmettre deux traits de dix secondes chacun (*ou* la porteuse pendant deux périodes de dix secondes), puis mon indicatif d'appel (*ou* mon nom), (répétés … fois) sur … kHz (*ou* MHz). *ou* J'ai demandé à … *(nom ou indicatif d'appel ou les deux)* de transmettre deux traits de dix secondes (*ou* la porteuse pendant deux périodes de dix secondes), puis son indicatif d'appel (*ou* son nom *ou les deux*) (répétés … fois) sur … kHz (*ou* MHz).
	Suspension du travail	
QRT	Dois-je cesser la transmission?	Cessez la transmission.
QUM	Puis-je reprendre le travail normal?	On peut reprendre le travail normal.
QUZ	Puis-je reprendre un travail restreint?	Procédure de détresse encore en vigueur, un travail restreint peut être repris.
	Sécurité	
QOE	Avez-vous reçu le signal de sécurité transmis par … *(nom ou indicatif d'appel ou les deux)*?	J'ai reçu le signal de sécurité transmis par … *(nom ou indicatif d'appel ou les deux).*

Abré-viation	Question	Réponse ou avis
	Sécurité (suite)	
QUX	Avez-vous en instance des avis relatifs à la navigation ou à une tempête?	J'ai en instance l'avis (les avis) suivant(s) relatif(s) à la navigation ou à une tempête: …
	Urgence	
QUD	Avez-vous reçu le signal d'urgence émis par … *(nom ou indicatif d'appel ou les deux)*?	J'ai reçu le signal d'urgence émis par … *(nom ou indicatif d'appel ou les deux)* à … heures.
	Détresse	
QOJ	Voulez-vous écouter sur la fréquence … kHz (*ou* MHz) des signaux de radiobalises de localisation des sinistres?	J'écoute sur la fréquence … kHz (*ou* MHz) des signaux de radiobalises de localisation des sinistres.
QOK	Avez-vous reçu sur la fréquence … kHz (*ou* MHz) les signaux d'une radiobalise de localisation des sinistres?	J'ai reçu sur la fréquence … kHz (*ou* MHz) les signaux d'une radiobalise de localisation des sinistres.
QUF	Avez-vous reçu le signal de détresse émis par … *(nom ou indicatif d'appel ou les deux)*?	J'ai reçu le signal de détresse émis par … *(nom ou indicatif d'appel ou les deux)* à … heures.
QUM	Puis-je reprendre le travail normal?	On peut reprendre le travail normal.
QUZ	Puis-je reprendre un travail restreint?	Procédure de détresse encore en vigueur, un travail restreint peut être repris.
	Recherche et sauvetage	
QSE*	Quelle est la dérive estimée de l'engin de sauvetage?	La dérive estimée de l'engin de sauvetage est … *(chiffres et unité)*.

Abré-viation	Question	Réponse ou avis
	Recherche et sauvetage (suite)	
QSF*	Avez-vous effectué le sauvetage?	J'ai effectué le sauvetage et je me dirige sur la base de … (avec … blessés nécessitant ambulance).
QTD*	Qu'a repêché le navire de sauvetage ou l'aéronef de sauvetage?	… *(identification)* a repêché … 1. … *(nombre)* survivants 2. épave 3. … *(nombre)* cadavres.
QTW*	Quel est l'état des survivants?	Les survivants sont en … état et ont d'urgence besoin de …
QTY*	Vous dirigez-vous vers le lieu de l'accident et, dans l'affirmative, quand pensez-vous arriver?	Je me dirige vers le lieu de l'accident et je pense arriver à … heures (… *(date)*).
QTZ*	Continuez-vous les recherches?	Je continue les recherches (de … aéronef, navire, engin de sauvetage, survivants, épave).
QUN	1. *Posée à toutes les stations:* les navires dans mon voisinage immédiat *ou* (dans le voisinage de … latitude, … longitude) *ou* (dans le voisinage de …) peuvent-ils m'indiquer leur position, cap VRAI et vitesse? 2. *Posée à une seule station:* veuillez indiquer votre position, cap VRAI et vitesse.	Ma position, mon cap VRAI et ma vitesse sont …

Abré-viation	Question	Réponse ou avis
	Recherche et sauvetage (suite)	
QUO*	Dois-je rechercher … 1. un aéronef 2. un navire 3. un engin de sauvetage dans le voisinage de … latitude, … longitude *(ou d'après toute autre indication)*?	Veuillez rechercher … 1. un aéronef 2. un navire 3. un engin de sauvetage dans le voisinage de … latitude, … longitude *(ou d'après toute autre indication).*
QUP*	Voulez-vous indiquer votre position par … 1. projecteur 2. fumée noire 3. fusées lumineuses?	Ma position est indiquée par … 1. projecteur 2. fumée noire 3. fusées lumineuses.
QUR*	Les survivants ont-ils … 1. reçu l'équipement de sauvetage 2. été recueillis par un navire 3. été rejoints par l'équipe de sauvetage au sol?	Les survivants ont … 1. reçu l'équipement de sauvetage lancé par … 2. été recueillis par un navire 3. été rejoints par l'équipe de sauvetage au sol.
QUS*	Avez-vous aperçu des survivants ou des débris? Si oui, à quel endroit?	J'ai aperçu … 1. des survivants dans l'eau 2. des survivants sur des radeaux 3. des débris ou épaves à … latitude, … longitude, *(ou d'après toute autre indication)*.
QUT*	Le lieu de l'accident est-il indiqué?	Le lieu de l'accident est indiqué par … 1. brûlot ou bouée fumigène 2. balise marine 3. produit colorant 4. … *(autre dispositif à spécifier).*

Abré-viation	Question	Réponse ou avis
	Recherche et sauvetage (suite)	
QUU*	Dois-je diriger le navire ou l'aéronef sur ma position?	Dirigez le navire ou l'aéronef … *(nom ou indicatif d'appel ou les deux)* … 1. sur votre position en transmettant votre indicatif d'appel et des traits prolongés sur … kHz (*ou* MHz). 2. en transmettant sur … kHz (*ou* MHz) la route VRAIE pour vous atteindre.
QUW*	Etes-vous sur la zone de recherches … *(symbole ou latitude et longitude)*?	Je suis sur la zone de recherches … *(désignation)*.
QUY*	L'emplacement de l'engin de sauvetage a-t-il été balisé?	L'emplacement de l'engin de sauvetage a été balisé à … heures par … 1. brûlot ou bouée fumigène 2. balise marine 3. produit colorant 4. … *(autre dispositif à spécifier)*.
QUZ	Puis-je reprendre un travail restreint?	Procédure de détresse encore en vigueur, un travail restreint peut être repris.
	Identification	
QTT		Le signal d'identification qui suit est superposé à une autre émission.

Section II. Abréviations et signaux divers

Abréviation ou signal	Définition
AA	Tout après … (*à employer après un point d'interrogation en radiotélégraphie ou après RQ en radiotéléphonie (en cas de difficultés de langage) ou après RPT, pour demander une répétition)*.
AB	Tout avant … *(à employer après un point d'interrogation en radiotélégraphie ou après RQ en radiotéléphonie (en cas de difficultés de langage) ou après RPT, pour demander une répétition)*.
ADS	Adresse *(à employer après un point d'interrogation en radiotélégraphie ou après RQ en radiotéléphonie (en cas de difficultés de langage) ou après RPT, pour demander une répétition)*.
$\overline{\text{AR}}$	Fin de transmission.
$\overline{\text{AS}}$	Attente.
BK	Signal employé pour interrompre une transmission en cours.
BN	Tout entre … et … *(à employer après un point d'interrogation en radiotélégraphie ou après RQ en radiotéléphonie (en cas de difficultés de langage) ou après RPT, pour demander une répétition)*.
BQ	Réponse à RQ.
$\overline{\text{BT}}$	Signal de séparation entre les différentes parties d'une même transmission.
C	Oui *(réponse affirmative), ou bien*: le groupe qui précède doit être compris comme une affirmation.
CFM	Confirmez (*ou* Je confirme).
CL	Je ferme ma station.
COL	Collationnez (*ou* Je collationne).
CORREC-TION	Annulez mon dernier mot *ou* groupe, la correction va suivre *(utilisé en radiotéléphonie et prononcé KOR-REK-CHEUNN)*.
CP	Appel général à deux ou à plusieurs stations spécifiées *(voir la Recommandation UIT-R M.1170)*.
CQ	Appel général à toutes les stations.
CS	Indicatif d'appel *(employé pour demander un indicatif d'appel)*.

Note: En radiotélégraphie, un trait horizontal surmontant les lettres qui composent un signal signifie que ces lettres doivent être transmises comme un seul signal.

Abréviation ou signal	Définition
DE	«De …» *(utilisé devant le nom ou toute autre identification de la station appelante)*.
DF	Votre relèvement à … heures était … degrés, dans le secteur douteux de cette station, avec une erreur possible de … degrés.
DO	Relèvement douteux. Demandez un relèvement plus tard (ou à … heures).
DSC	Appel sélectif numérique.
E	Est (point cardinal).
ETA	Heure estimée d'arrivée.
INTERCO	Des groupes du Code international de signaux suivent *(utilisé en radio-téléphonie et prononcé IN-TER-CO)*.
K	Invitation à transmettre.
$\overline{\text{KA}}$	Signal de commencement de transmission.
KTS	Milles marins à l'heure *(nœuds)*.
MIN	Minute (*ou* Minutes).
MSG	Préfixe indiquant un message à destination ou en provenance du commandant d'un navire et concernant l'exploitation du navire ou sa navigation.
MSI	Information concernant la sécurité de la navigation maritime.
N	Nord (point cardinal).
NBDP	Télégraphie à impression directe à bande étroite.
NIL	Je n'ai rien à vous transmettre.
NO	Non *(négation)*.
NW	Maintenant.
NX	Avis aux navigateurs maritimes (*ou* Avis aux navigateurs maritimes suit).
OK	Nous sommes d'accord (*ou* C'est correct).
OL	Lettre transocéanique.
P	Préfixe indiquant un radiotélégramme privé.
PBL	Préambule *(à employer après un point d'interrogation en radiotélé-graphie ou après RQ en radiotéléphonie (en cas de difficultés de langage) ou après RPT, pour demander une répétition)*.
PSE	S'il vous plaît.
R	Reçu.

Abréviation ou signal	Définition
RCC	Centre de coordination de sauvetage.
REF	Référence à … (*ou* Référez-vous à …).
RPT	Répétez (*ou* Je répète) (*ou* Répétez …).
RQ	Indication d'une demande.
S	Sud (point cardinal).
SAR	Recherche et sauvetage.
SIG	Signature *(à employer après un point d'interrogation en radiotélégraphie ou après RQ en radiotéléphonie (en cas de difficultés de langage) ou après RPT, pour demander une répétition)*.
SLT	Lettre radiomaritime.
SVC	Préfixe indiquant un télégramme de service.
SYS	Référez-vous à votre télégramme de service.
TFC	Trafic.
TR	Utilisé par une station terrestre pour demander la position et le prochain port d'escale d'une station mobile; utilisé également comme préfixe à la réponse.
TU	Je vous remercie.
TXT	Texte *(à employer après un point d'interrogation en radiotélégraphie ou après RQ en radiotéléphonie (en cas de difficultés de langage) ou après RPT, pour demander une répétition)*.
$\overline{\text{VA}}$	Fin de travail.
W	Ouest (point cardinal).
WA	Mot après … *(à employer après un point d'interrogation en radiotélégraphie ou après RQ en radiotéléphonie (en cas de difficultés de langage) ou après RPT, pour demander une répétition)*.
WB	Mot avant … *(à employer après un point d'interrogation en radiotélégraphie ou après RQ en radiotéléphonie (en cas de difficultés de langage) ou après RPT, pour demander une répétition)*.
WD	Mot(s) *ou* Groupe(s).
WX	Bulletin météorologique (*ou* Bulletin météorologique suit).
XQ	Préfixe indiquant la transmission d'une note de service.
YZ	Les mots qui suivent sont en langage clair.

RECOMMANDATION UIT-R M.1173*

CARACTÉRISTIQUES TECHNIQUES DES ÉMETTEURS À BANDE LATÉRALE UNIQUE UTILISÉS DANS LE SERVICE MOBILE MARITIME POUR LA RADIOTÉLÉPHONIE DANS LES BANDES COMPRISES ENTRE 1 606,5 kHz (1 605 kHz RÉGION 2) ET 4 000 kHz ET ENTRE 4 000 kHz ET 27 500 kHz

(1995)

L'Assemblée des radiocommunications de l'UIT,

considérant

a) qu'il est nécessaire de décrire les caractéristiques techniques des émetteurs à bande latérale unique utilisés dans les bandes comprises entre 1 606,5 kHz (1 605 kHz Région 2) et 4 000 kHz et entre 4 000 kHz et 27 500 kHz,

recommande

1 que les émetteurs à bande latérale unique utilisés dans le service mobile maritime pour la radiotéléphonie dans les bandes de fréquences comprises entre 1 606,5 kHz (1 605 kHz Région 2) et 4 000 kHz et entre 4 000 kHz et 27 500 kHz soient conçus pour répondre aux caractéristiques techniques figurant dans l'Annexe 1.

ANNEXE 1

Caractéristiques techniques des émetteurs à bande latérale unique utilisés dans le service mobile maritime pour la radiotéléphonie dans les bandes comprises entre 1 606,5 kHz (1 605 kHz Région 2) et 4 000 kHz et entre 4 000 kHz et 27 500 kHz

1 Puissance de l’onde porteuse:

Pour les émissions de la classe J3E, la puissance de l'onde porteuse est inférieure de 40 dB au moins à la puissance en crête de l'émission.

2 Les stations côtières et les stations de navire doivent émettre dans la bande latérale supérieure seulement.

3 La bande des fréquences acoustiques transmise doit s'étendre de 350 Hz à 2 700 Hz, la variation de l'amplitude en fonction de la fréquence ne dépassant pas 6 dB.

4 La fréquence de l'onde porteuse des émetteurs doit être maintenue dans les tolérances spécifiées dans la Recommandation UIT-R SM.1137.

5 La modulation de fréquence parasite de l'onde porteuse doit être suffisamment faible pour ne pas créer de distorsions nuisibles.

---

* Cette Recommandation doit être portée à l'attention de l'Organisation maritime internationale (OMI).

Note du Secrétariat: Dans cette Recommandation, les références au Règlement des radiocommunications (RR) renvoient au RR révisé par la Conférence mondiale des radiocommunications de 1995. Ces dispositions du RR entreront en vigueur le 1er juin 1998. Le cas échéant, les références entre crochets correspondent à celles du RR actuellement en vigueur.

6 Dans le cas d'une émission de la classe H3E ou J3E, la puissance de toute émission non désirée fournie à la ligne d'alimentation de l'antenne sur une fréquence discrète quelconque doit, lorsque l'émetteur fonctionne à sa puissance en crête maximale, rester dans les limites indiquées dans les Tableaux suivants:

a) Emetteurs installés avant le 2 janvier 1982:

Différence Δ entre la fréquence du rayonnement non désiré [1] et la fréquence assignée [4] (kHz)	Affaiblissement minimum par rapport à la puissance en crête
1,6 < Δ ≤ 4,8	28 dB
4,8 < Δ ≤ 8	38 dB
8 < Δ	43 dB, sans que la puissance du rayonnement non désiré puisse dépasser 50 mW

En ce qui concerne les émissions hors bande [2] et les rayonnements non essentiels [3] qui résultent du processus de modulation mais qui ne tombent pas dans le spectre des émissions hors bande [2], on peut, lorsqu'on désire vérifier si une émission à onde porteuse supprimée satisfait aux conditions ci-dessus, appliquer à l'entrée de l'émetteur un signal constitué de deux fréquences acoustiques suffisamment éloignées l'une de l'autre pour que tous les produits d'intermodulation tombent sur des fréquences distantes d'au moins 1,6 kHz de la fréquence assignée [4].

b) Emetteurs installés après le 1er janvier 1982:

Différence Δ entre la fréquence du rayonnement non désiré [1] et la fréquence assignée [4] (kHz)	Affaiblissement minimum par rapport à la puissance en crête
1,5 < Δ ≤ 4,5	31 dB
4,5 < Δ ≤ 7,5	38 dB
7,5 < Δ	43 dB, sans que la puissance du rayonnement non désiré puisse dépasser 50 mW

En ce qui concerne les émissions hors bande [2] et les rayonnements non essentiels [3] qui résultent du processus de modulation mais qui ne tombent pas dans le spectre des émissions hors bande [2], on peut, lorsqu'on désire vérifier si une émission à onde porteuse supprimée satisfait aux conditions ci-dessus, appliquer à l'entrée de l'émetteur un signal constitué de deux fréquences acoustiques suffisamment éloignées l'une de l'autre pour que tous les produits d'intermodulation tombent sur des fréquences distantes d'au moins 1,5 kHz de la fréquence assignée [4].

---

1 *Rayonnement non désiré:* voir le numéro S1.146 [numéro 140] du RR.

2 *Emissions hors bande:* voir le numéro S1.144 [numéro 138] du RR.

3 *Rayonnement non essentiel:* voir le numéro S1.145 [numéro 139] du RR.

4 La fréquence assignée est supérieure de 1 400 Hz à la fréquence porteuse: voir le numéro S.52.177 [numéro 4325] du RR.

RECOMMANDATION UIT-R M.1174-2*

Caractéristiques techniques des appareils utilisés sur les navires pour les communications de bord dans les bandes comprises entre 450 et 470 MHz

(1995-1998-2004)

Résumé

Cette Recommandation décrit les caractéristiques techniques des appareils utilisés dans les services mobiles maritimes conformément au numéro 5.287 du Règlement des radiocommunications (RR), relatif aux communications de bord. Les espacements de voies de 25 et 12,5 kHz sont prévus.

L'Assemblée des radiocommunications de l'UIT,

considérant

a) qu'il est nécessaire de décrire les caractéristiques des appareils utilisés pour les communications de bord dans les bandes comprises entre 450 et 470 MHz;

b) que des modifications ont récemment été apportées aux fréquences disponibles;

c) la Résolution 341 (CMR-97),

recommande

1 que les émetteurs et les récepteurs utilisés dans le service mobile maritime pour les communications de bord dans les bandes comprises entre 450 et 470 MHz répondent aux caractéristiques techniques figurant dans l'Annexe 1.

Annexe 1

Caractéristiques techniques des appareils utilisés sur les navires pour les communications de bord dans les bandes comprises entre 450 et 470 MHz

1 Les appareils devraient disposer de voies en nombre suffisant pour assurer un service satisfaisant dans la zone de service prévue.

2 La puissance apparente rayonnée devrait être limitée au minimum nécessaire pour assurer un service satisfaisant; elle ne devrait en aucun cas dépasser 2 W. Lorsque cela est possible en pratique, ces appareils devraient être équipés d'un dispositif permettant de réduire aisément la puissance de sortie d'au moins 10 dB.

3 Lorsque les appareils sont installés en des points fixes sur le navire, la hauteur de l'antenne ne devrait pas dépasser le niveau de la passerelle de plus de 3,5 m.

---

* Cette Recommandation doit être portée à l'attention de l'Organisation maritime internationale (OMI) et du Comité international radiomaritime (CIRM).

	Voies de 25 kHz	Voies de 12,5 kHz
4	Seule la modulation de fréquence avec préaccentuation de 6 dB par octave (modulation de phase) devrait être utilisée.	Seule la modulation de fréquence avec préaccentuation de 6 dB par octave (modulation de phase) devrait être utilisée.
5	L'excursion de fréquence correspondant à une modulation de 100% devrait être aussi proche de ±5 kHz que possible. Elle ne devrait en aucun cas dépasser ±5 kHz.	L'excursion de fréquence correspondant à une modulation de 100% devrait être aussi proche de ±2,5 kHz que possible. En aucun cas, elle ne devrait dépasser ±2,5 kHz.
6	La tolérance de fréquence devrait être de 5×10^{-6}.	La tolérance de fréquence devrait être de $2,5 \times 10^{-6}$.
7	La bande des fréquences acoustiques ne devrait pas s'étendre au-delà de 3 000 Hz.	La bande des fréquences acoustiques ne devrait pas s'étendre au-delà de 2 550 Hz.

8 Les signaux de télécommande, de télémesure et les autres signaux non vocaux comme la radiomessagerie, devraient être codés de manière à éviter le plus possible un déclenchement intempestif sous l'effet de signaux brouilleurs. Les fréquences spécifiées au numéro 5.287 du RR pour les communications de bord peuvent être utilisées en mode simplex à une ou à deux fréquences.

9 Pour les utilisations en mode duplex, la fréquence de l'émetteur de base, pour une meilleure exploitabilité, devrait être choisie dans la partie inférieure de la gamme.

10 Si l'emploi d'une station relais s'avère nécessaire à bord d'un navire, les paires de fréquences à utiliser devraient être les suivantes (voir les numéros 5.287 et 5.288 du RR):

457,525 MHz et 467,525 MHz
457,550 MHz et 467,550 MHz
457,575 MHz et 467,575 MHz
457,5375 MHz et 467,5375 MHz
457,5625 MHz et 467,5625 MHz.

11 Fréquences

Les fréquences énoncées au numéro 5.287 du RR (assujetties à la réglementation nationale) peuvent être utilisées:

Pour un espacement des voies de 25 ou 12,5 kHz:

457,525 MHz
457,550 MHz
457,575 MHz
467,525 MHz
467,550 MHz
467,575 MHz.

Pour les appareils destinés à être utilisés avec un espacement des voies de 12,5 kHz, les fréquences supplémentaires visées dans le numéro 5.287 du RR sont les suivantes:

457,5375 MHz
457,5625 MHz
467,5375 MHz
467,5625 MHz.

RECOMMANDATION UIT-R M.1187-1

Méthode de calcul de la région pouvant être affectée dans le cas d'un réseau du service mobile par satellite utilisant des orbites circulaires dans la bande 1-3 GHz

(Questions UIT-R 83/8 et UIT-R 201/8)

(1995-2006)

Domaine de compétence

La présente Recommandation définit le terme «arc de service actif» et indique la méthode de calcul à utiliser pour identifier la «région affectée» lors de l'assignation de fréquence aux stations spatiales des systèmes du service mobile par satellite (SMS) fonctionnant entre 1 et 3 GHz et pour faciliter l'identification des administrations dont les assignations de fréquence peuvent être incluses dans cette «région affectée».

L'Assemblée des radiocommunications de l'UIT,

considérant

a) qu'il est nécessaire d'élaborer des Recommandations sur les méthodes de coordination, les données orbitales nécessaires concernant les systèmes à satellites non géostationnaires (non OSG) et les critères de partage;

b) que les systèmes à satellites non OSG mettant en œuvre ces attributions de fréquences du SMS peuvent avoir des constellations différentes ayant des altitudes différentes et comportant des angles d'inclinaison différents;

c) qu'il est nécessaire de définir le terme: «arc de service actif»;

d) qu'il est nécessaire de définir la région dans laquelle d'autres services, y compris le SMS, peuvent être affectés et dans laquelle il peut être procédé à une coordination pour laquelle les critères et les méthodes à utiliser ne sont pas définis dans la présente Recommandation;

e) qu'il est nécessaire de définir plus en détail le concept de «région affectée» (à ne pas confondre avec celui de «zone de coordination») aux fins de l'exploitation du SMS entre 1 et 3 GHz,

reconnaissant

1 que le Chapitre III du Règlement des radiocommunications (RR) contient la procédure permettant d'effectuer la coordination pour des systèmes du SMS dans certaines bandes de fréquences comprises entre 1 et 3 GHz du Tableau d'attribution des bandes de fréquences du RR,

recommande

1 que le terme «arc de service actif» soit défini ainsi: lieu géométrique des points orbitaux d'une constellation du SMS, qui est décrit lorsque les satellites sont en train d'émettre ou de recevoir des signaux. L'opérateur du SMS calcule cet arc en utilisant les caractéristiques propres au système comme les orbites des constellations, les caractéristiques des antennes à bord des engins spatiaux, la p.i.r.e., qui lui permettent d'atteindre ses objectifs de service pour une zone de service donnée;

2 que si un arc de service actif est publié, la méthodologie donnée dans l'Annexe 1 soit utilisée pour faciliter l'identification des administrations dont les assignations de fréquence peuvent être incluses dans la «région affectée», telle qu'elle est définie à l'Annexe 1 (voir la Note 1).

NOTE 1 – La prise en compte de caractéristiques techniques plus précises du système SMS permettrait d'améliorer encore cette méthode.

Annexe 1

Méthode de calcul de la région pouvant être affectée dans le cas d'un réseau du SMS utilisant des orbites circulaires dans la bande 1-3 GHz

1 Introduction

La présente Annexe définit une méthode de calcul de la «région affectée». Cette région affectée devrait servir à identifier les services (SMS ou autres) de statut égal ou supérieur utilisant les mêmes fréquences dans d'autres administrations, qui pourraient être affectés par l'exploitation du réseau du SMS. D'abord, le lieu des points de l'arc de l'orbite de satellite est déterminé de façon à correspondre aux points où le satellite doit être activé pour couvrir sa zone de service. Puis, les emplacements subsatellites sont relevés sur la surface de la Terre. La région affectée est alors définie comme composée de ces zones à la surface de la Terre dans le champ de vision du satellite et rapportée au périmètre du lieu géométrique subsatellite.

Cette méthode de calcul de la région affectée identifie les administrations dont les assignations en partage de fréquences risquent d'être affectées.

Il est reconnu que l'on pourrait employer une autre méthode pour déterminer les assignations de fréquence affectant d'autres administrations dans le cas d'une station spatiale du SMS et de sa zone de service associée et que l'incorporation de cette méthode dans une Recommandation UIT-R ne rendrait pas son usage obligatoire.

L'utilisation de cette méthode de calcul d'une région affectée ne change pas le statut (primaire ou secondaire) des services de radiocommunication de cette région.

2 Calcul de la région affectée

Supposons que le quadrilatère A décrit dans la Fig. 1 représente la zone subsatellite active nécessaire pour desservir une administration dans le cas d'un système du SMS représentatif. Il convient de noter que la zone subsatellite ne coïncide pas nécessairement avec les frontières de l'administration. La distance, D, représentée dans la Fig. 1 est la distance à partir du périmètre extérieur de la zone A jusqu'au point du champ de vision du satellite. Le champ de vision est défini comme l'extension aux limites de l'horizon visible telles qu'elles sont vues du satellite. La région totale affectée est alors la zone totale calculée à partir des bords de la zone subsatellite jusqu'à l'extrémité de la distance D. Pour des constellations circulaires, la distance D sera la longueur constante de l'arc de grand cercle, cette longueur augmentant en même temps que l'altitude des satellites.

2.1 Calcul de la largeur de l'enveloppe d'une région affectée

Ce paragraphe indique une méthode de calcul de la distance qu'on doit utiliser pour tracer le périmètre extérieur autour des zones subsatellites actives en vue de déterminer la région affectée.

La Fig. 2 illustre le calcul de la distance *D* à partir du périmètre extérieur, qui est la distance à partir du bord de la zone subsatellite A jusqu'au champ de vision du satellite au bord extérieur de la zone active. La région affectée se définit comme suit:

Région affectée: zone de la surface de la Terre calculée en définissant une distance *D* à partir du périmètre de la zone subsatellite active A. Cette distance *D*, mesurée à partir du périmètre de la zone subsatellite active, correspond au champ de vision maximal des satellites situés au périmètre de l'arc de service actif. La région contient également les administrations se trouvant à l'intérieur de la zone subsatellite active.

L'arc de service actif et la zone subsatellite active sont définis comme suit:

Arc de service actif: voir la définition au point 1 du *recommande*.

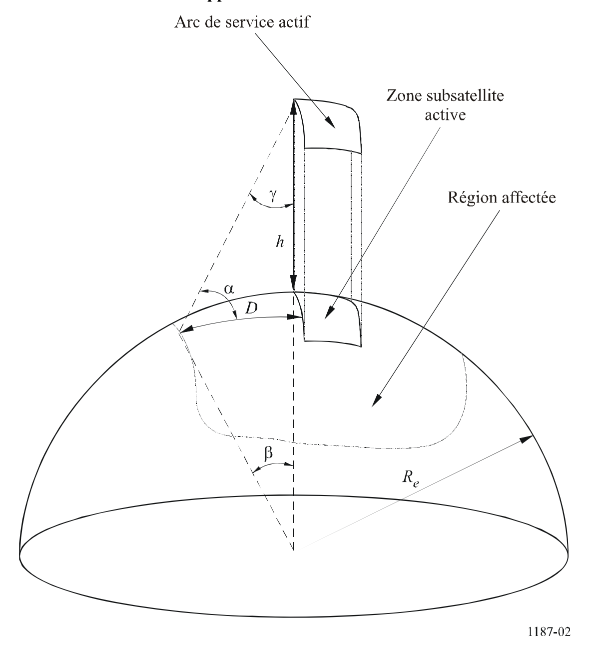
Zone subsatellite active: projection vers le nadir de l'arc de service actif aux points de la surface de la Terre. Le périmètre de cette zone est défini en coordonnées géocentriques (latitude/longitude).

FIGURE 1

Représentation d'une zone subsatellite active nécessaire pour desservir une administration et de la région affectée qui lui correspond

FIGURE 2

Structure géométrique nécessaire pour calculer *D*, distance à l'enveloppe autour de la zone subsatellite



Définition des variables:

R_e: rayon terrestre

h: altitude du satellite

γ: angle de nadir par rapport au satellite au bord du périmètre de la zone subsatellite à la distance de vision

β: angle géocentrique du bord de la zone subsatellite à la distance du champ de vision

α: angle d'élévation

D: distance à terre à partir du périmètre de la zone subsatellite active jusqu'au point d'angle d'élévation 0° (limites du champ de vision maximal).

Les formules nécessaires au calcul de la distance *D* sont les suivantes:

$$\beta = \cos^{-1} [R_e/(R_e + h)] \tag{1}$$

$$D = R_e \beta \qquad \text{rad} \tag{2}$$

Une fois que la distance *D* a été calculée, on peut l'utiliser pour déterminer la région affectée en combinaison avec la zone subsatellite.

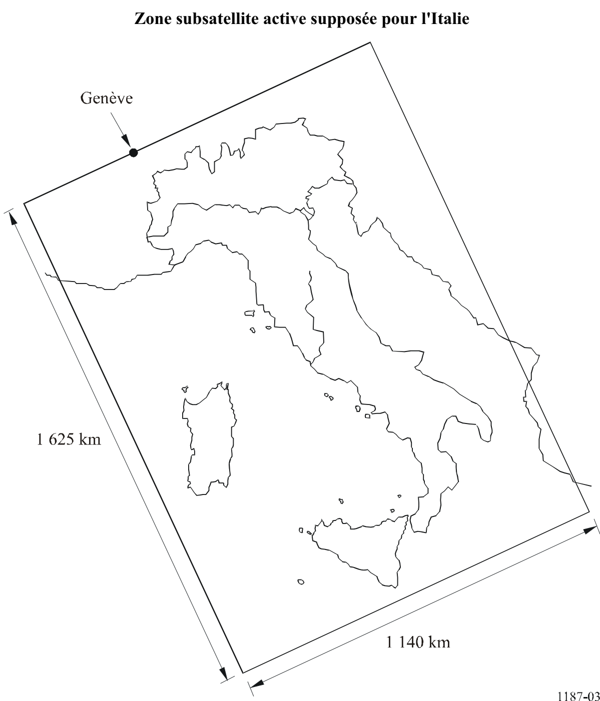
2.2 Exemple de calcul d'une région affectée

Ce paragraphe donne un exemple de la façon de calculer la région affectée pour un système mobile par satellite destiné à fournir un service sur le territoire d'une administration. L'Administration

donnée à titre d'exemple est l'Italie. La Fig. 3 illustre la zone subsatellite desservant l'Italie pour le système mobile par satellite à orbite basse A (voir la Recommandation UIT-R M.1184).

FIGURE 3

Zone subsatellite active supposée pour l'Italie



Les paramètres nécessaires au calcul de la région affectée sont les suivantes:

Altitude du satellite:	780 km
Rayon terrestre:	6 367 km
Largeur de la zone subsatellite:	1 140 km
Longueur de la zone subsatellite:	1 625 km

Il convient de noter que la zone subsatellite a été choisie en supposant que la zone de service soit l'Administration italienne, mais c'est seulement un exemple. La zone subsatellite réelle pour l'Italie d'un système mobile par satellite peut être tout à fait différente, en fonction des caractéristiques propres au système de réseaux à satellites.

En utilisant les équations (1) et (2) dans ce cas, on obtient: $\beta = 27°$ et $D = 3\,000$ km, de sorte que la distance D à ajouter autour de la zone subsatellite est de 3 000 km. C'est pourquoi, dans l'exemple de la zone subsatellite de la Fig. 3, la région affectée s'étendrait jusqu'à la partie nord-ouest du Soudan, la partie ouest de la Russie (y compris Moscou), la partie nord de la Norvège et la Mauritanie.

RECOMMANDATION UIT-R S.1256

MÉTHODOLOGIE PERMETTANT DE CALCULER LE NIVEAU TOTAL MAXIMAL DE LA PUISSANCE SURFACIQUE PRODUITE SUR L'ORBITE DES SATELLITES GÉOSTATIONNAIRES DANS LA BANDE 6 700-7 075 MHz PAR LES LIAISONS DE CONNEXION DANS LE SENS ESPACE-TERRE DES SYSTÈMES À SATELLITES NON GÉOSTATIONNAIRES DU SERVICE MOBILE PAR SATELLITE

(Question UIT-R 206/4)

(1997)

L'Assemblée des radiocommunications de l'UIT,

considérant

a) que la bande 6 700-7 075 MHz est attribuée à titre primaire au service fixe par satellite (SFS) dans le sens espace-Terre, pour utilisation par les liaisons de connexion des réseaux à satellites non géostationnaires du service mobile par satellite (SMS);

b) que la bande 6 700-7 075 MHz est également attribuée à titre primaire au SFS dans le sens Terre-espace et que la bande 6 725-7 025 MHz est soumise aux dispositions du Plan d'allotissement de l'Appendice 30B du Règlement des radiocommunications (RR) pour les réseaux à satellites géostationnaires;

c) que, conformément au numéro S22.5A du RR, le niveau total maximal de la puissance surfacique produite sur l'orbite des satellites géostationnaires (OSG) à l'intérieur d'un angle de $\pm 5°$ de part et d'autre de cette orbite par un système à satellites non géostationnaires du SFS ne doit pas dépasser -168 dB(W/m^2) dans une bande quelconque large de 4 kHz;

d) que la Résolution 115 de la Conférence mondiale des radiocommunications (Genève, 1995) (CMR-95) invite l'UIT-R à élaborer une méthologie permettant de calculer le niveau total de la puissance surfacique produite sur l'OSG par un réseau à satellite non géostationnaire;

e) que les réseaux à satellites non géostationnaires du SMS ont des paramètres d'orbite et de transmission qui sont spécifiés au § A.3 vii) de l'Annexe 1 à la Résolution 46 (Rév.CMR-95),

recommande

1 que la méthodologie indiquée dans l'Annexe 1 soit suivie pour calculer le niveau total maximal de la puissance surfacique (dB(W/m^2) dans une bande quelconque de 4 kHz), à un emplacement quelconque de l'OSG, à $\pm 5°$ d'inclinaison de part et d'autre de cette orbite, par des liaisons de connexion dans le sens espace-Terre d'un réseau à satellite non géostationnaire fonctionnant dans la bande 6 700-7 075 MHz.

ANNEXE 1

Méthodologie

1 Description de la méthodologie

Pour calculer le niveau total de la puissance surfacique issue d'un réseau à satellite en orbite non géostationnaire (non OSG) en un emplacement d'essai donné sur l'OSG, il faut recourir à une modélisation informatique de l'ensemble de la constellation de satellites non OSG et de l'emplacement d'essai sur l'OSG.

Si l'on part du fait que, dans une situation ordinaire, un satellite OSG parcourra l'orbite géostationnaire dans une période d'environ T_{OSG} = 24 h et que la période orbitale d'un satellite non OSG ($T_{non\,OSG}$) n'est pas nécessairement un sous-multiple de T_{OSG}, il faudra sans doute procéder à des simulations statistiques détaillées et longues pour évaluer le scénario du cas le plus défavorable, qui conduirait au niveau maximal de puissance surfacique à un certain point de l'OSG.

Une simulation simple et beaucoup moins longue peut être effectuée afin d'évaluer la puissance surfacique maximale à tout point de l'OSG. Au lieu d'un satellite en déplacement réel sur l'OSG, on considère un emplacement d'essai fixe sur l'OSG, dont la position orbitale est fixe par rapport à un référentiel à coordonnées cartésiennes 0xyz (voir la Fig. 1) mais non par rapport au système de référence constitué par la Terre en rotation. Compte tenu de cela, le fait que les satellites non OSG ont une période $T_{non\ OSG}$ implique que la position des satellites non OSG, vue à partir du point d'essai fixe sur l'OSG (voir la Fig. 1), reviendra au moins une fois par période orbitale $T_{non\ OSG}$. En outre, si les satellites non OSG sont uniformément répartis sur chaque plan de l'orbite, la même disposition géométrique des satellites non OSG reviendra selon une période égale à $T_{non\ OSG}/N_s$ (où N_s est le nombre de satellites non OSG uniformément répartis dans un même plan). Selon ces considérations de base, le niveau composite de la puissance surfacique (intégré sur la base des satellites non OSG visibles) aura, à l'emplacement d'essai sur l'OSG, des valeurs qui se répéteront selon cette période.

FIGURE 1

Géométrie de constellation OSG/non OSG pour calculer pfd: $\Delta\Omega$ = 0°

On peut calculer le niveau total de la puissance surfacique pour chaque échelon temporel. On peut également calculer une puissance surfacique composite maximale pour l'emplacement d'essai choisi sur l'OSG, pendant la période de simulation allant de T_0 à $T_0 + T_{non\ OSG}/N_s$.

La valeur trouvée pour l'emplacement d'essai particulier sur l'OSG représenté sur la Fig. 1 n'est pas nécessairement le niveau maximal de puissance surfacique. Pour trouver le niveau maximal vrai de la puissance surfacique composite, la même procédure doit être répétée aux autres sites d'essai OSG, par augmentation de l'angle $\Delta\Omega$ (voir la Fig. 2) entre l'emplacement d'essai sur l'OSG et la ligne des nœuds non OSG. Cette seconde itération sera effectuée pour des angles $\Delta\Omega$ compris entre 0° et $\Delta\Omega_{max}$ = 360°/N_p, où N_p est le nombre de plans d'orbite des satellites non OSG. Si le nombre N_p est pair (comme dans les constellations LEO-F et LEO-D), la valeur $\Delta\Omega_{max}$ = 180°/N_p.

Cette méthode peut aussi être appliquée à toute constellation de satellites non OSG qui ne répond pas aux conditions orbitales requises indiquées ci-dessus (concernant, par exemple, une répartition uniforme des satellites, des orbites elliptiques). Dans ces cas, la simulation temporelle sera exécutée pendant un intervalle égal à la période minimale de répétabilité de la configuration de constellation, cette valeur étant souvent égale à la période de la constellation $T_{non\ OSG}$.

Le § 2 présente toutes les équations fondamentales qui sont nécessaires pour calculer le niveau total de puissance surfacique reçu d'un réseau non OSG donné à un emplacement d'essai donné sur l'OSG. La Fig. 3 montre l'organigramme de mise en œuvre logicielle de la méthodologie décrite ici.

FIGURE 2
Géométrie de constellation OSG/non OSG pour calculer pfd: ΔΩ ≠ 0°

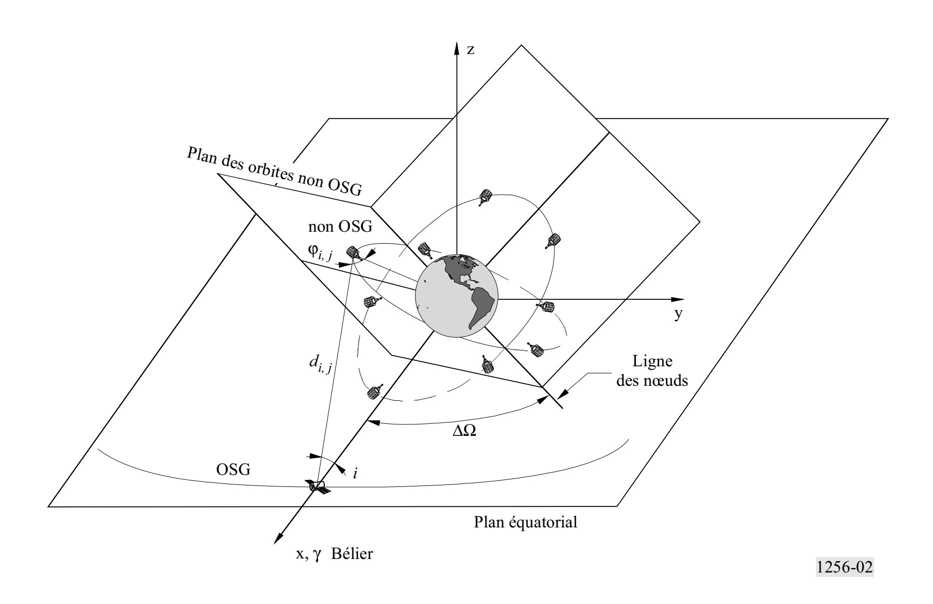
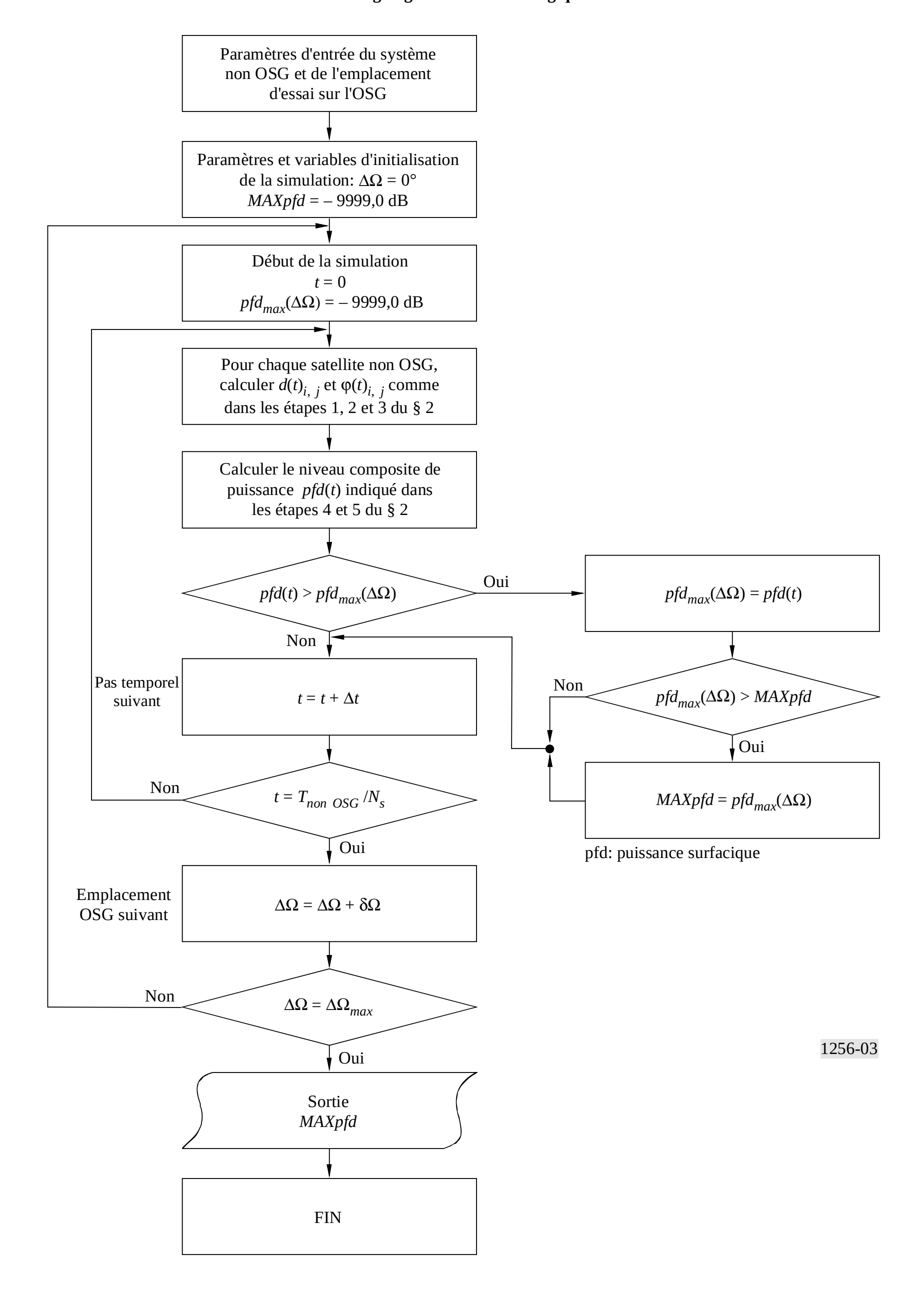


FIGURE 3

Organigramme méthodologique

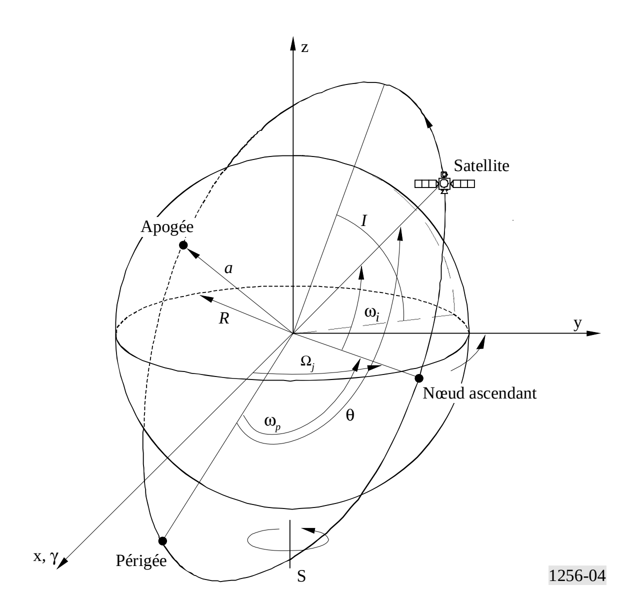


2 Etapes de simulation de base

Etape 1: Position orbitale des satellites non OSG

FIGURE 4

Orbite non OSG et systèmes de référence



La Fig. 4 décrit les divers paramètres qui sont nécessaires pour évaluer à tout instant la position d'un satellite non OSG quelconque sur son orbite. Ces paramètres sont énumérés comme suit dans le § A.3 vii) de l'Annexe 1 à la Résolution 46 (Rév.CMR-95):

a : demi grand axe; dans le cas d'une orbite circulaire, le demi grand axe est de longueur constante et égal au rayon de l'orbite

I : angle d'inclinaison de l'orbite par rapport au plan équatorial

Ω_j : ascension droite du nœud ascendant pour le j^e plan orbital, mesurée dans le sens inverse des aiguilles d'une montre dans le plan équatorial à partir de la direction de l'équinoxe de printemps jusqu'au point où le satellite traverse le plan équatorial dans la direction sud-nord ($0° \leq \Omega_j < 360°$)

ω_p : argument du périgée; pour une orbite circulaire, le périgée est égal à l'apogée; on peut donc écrire que $\omega_p = 0°$

ω_i : angle de phase initial du i^e satellite dans son plan orbital à l'instant de référence $t = 0$, mesuré depuis le point du nœud ascendant ($0° \leq \omega_i < 360°$)

θ : anomalie vraie du satellite.

Pour une constellation de satellites non OSG utilisant des orbites circulaires, les paramètres a et I seront constants et ω_p sera égal à zéro. Dans ce cas, la variation de la position de chaque satellite sera définie par Ω et θ.

Sur une orbite circulaire, la vitesse angulaire d'un satellite est constante. La position angulaire d'un satellite est donc égale à son anomalie vraie et est donnée par la relation suivante:

$$\theta(t)_{i,j} = \frac{360°}{T}\, t + \omega_{i,j} \tag{1}$$

pour i = de 1 à N_s et j = de 1 à N_p, où N_s est le nombre de satellites dans chaque plan orbital et où N_p est le nombre de plans orbitaux. T est la période orbitale (s) par la relation suivante:

$$T = 2\,\pi\,\sqrt{a^3/\mu} \tag{2}$$

où μ est la constante gravitationnelle géocentrique et est égale à 3,986 E14(m^3s^{-2}).

Les diverses valeurs de Ω_j dépendront de la géométrie de la constellation. Elles seront indiquées dans la liste des éléments établie conformément au § A.3 vii) de l'Annexe 1 à la Résolution 46 (Rév.CMR-95). Le même principe s'applique aux valeurs de $\omega_{i,j}$.

Si l'on connaît pour chaque satellite son anomalie vraie $\theta_{i,j}(t)$ et l'ascension droite de son nœud ascendant Ω_j, ses coordonnées géocentriques sont données par les relations suivantes:

$$x(t)_{i,j} = a\left[\cos\Omega_j\,\cos\theta(t)_{i,j} - \cos I\,\sin\Omega_j\,\sin\theta(t)_{i,j}\right] \tag{3}$$

$$y(t)_{i,j} = a\left[\sin\Omega_j\,\cos\theta(t)_{i,j} + \cos I\,\cos\Omega_j\,\sin\theta(t)_{i,j}\right] \tag{4}$$

$$z(t)_{i,j} = a\left[\sin I\,\sin\theta(t)_{i,j}\right] \tag{5}$$

La position de l'emplacement d'essai sur l'OSG par rapport à la ligne des nœuds de la constellation non OSG est déterminée par ΔΩ (voir le § 1). Il en découle que, dans les équations (3), (4) et (5), $\Omega_j = \Omega_{j,0} + \Delta\Omega$, où ΔΩ va de 0 à $\Delta\Omega_{max}$ (voir le § 1) et $\Omega_{j,0} = \Omega_j$ pour $\Delta\Omega = 0$.

Etape 2: Distance entre le satellite non OSG et l'emplacement d'essai sur l'OSG

x_{OSG}, y_{OSG} et z_{OSG} sont les coordonnées géocentriques de l'emplacement d'essai sur l'OSG. Elles sont données par les relations suivantes:

$$x_{OSG} = a_{OSG}\cdot\cos I_{OSG} \tag{6}$$

$$y_{OSG} = 0 \tag{7}$$

$$z_{OSG} = a_{OSG}\cdot\sin I_{OSG} \tag{8}$$

où:

a_{OSG}: demi grand axe de l'orbite géostationnaire (42 164 km)

I_{OSG}: angle d'inclinaison de l'orbite géostationnaire ($-5° \le I_{OSG} \le 5°$).

Ces équations restent constantes pendant la simulation car il est plus simple de faire varier Ω_j dans les équations (3), (4) et (5) en augmentant le décalage ΔΩ.

La distance entre un satellite non OSG et l'emplacement d'essai sur l'OSG peut alors être calculée au moyen du théorème de Pythagore:

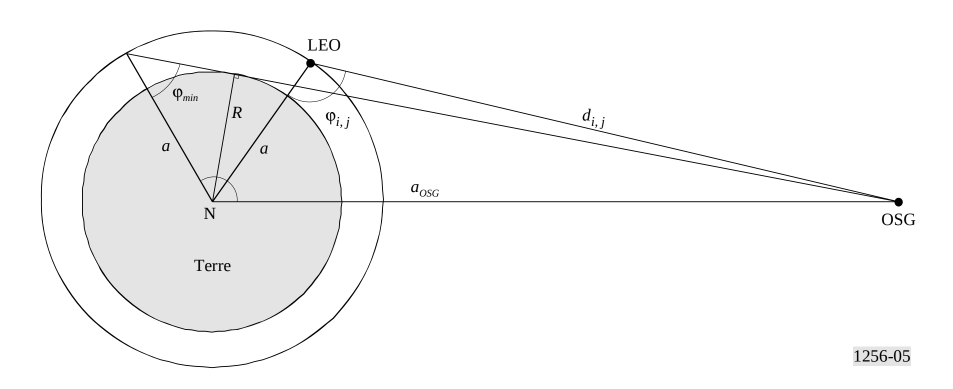
$$d(t)_{i,j} = \sqrt{\left(x_{OSG} - x(t)_{i,j}\right)^2 + y(t)_{i,j}^2 + \left(z_{OSG} - z(t)_{i,j}\right)^2} \tag{9}$$

Etape 3: Calcul de l'angle hors axe de l'antenne du satellite nonOSG en direction de l'emplacement d'essai sur l'OSG

La Fig. 5 montre, en géométrie plane, le schéma de l'angle hors axe de l'antenne du satellite non OSG par rapport à l'emplacement d'essai sur l'OSG.

FIGURE 5


Calcul de l'angle $\varphi_{i,\,j}$



L'angle hors axe de l'antenne d'un satellite non OSG peut être calculé au moyen du théorème de Carnot (appelé également «théorème du cosinus»).

$$\varphi(t)_{i,j} \;=\; \arccos\left(\frac{a^2 + d(t)_{i,j}^2 - a_{OSG}^2}{2\,a\,d(t)_{i,j}}\right) \tag{10}$$

Etape 4: Calcul du gain hors axe de l'antenne d'un satellite non OSG en direction de l'emplacement d'essai sur l'OSG

A partir de l'angle hors axe calculé par l'équation (10), il est possible de calculer, pour chaque satellite visible, le gain d'antenne hors axe $G(\varphi(t)_{i,j})$. Cela n'est toutefois nécessaire, comme l'indique la Fig. 5, que si l'angle $\varphi(t)_{i,j}$ est supérieur à une valeur minimale φ_{min} calculée comme suit:

$$\varphi_{min} = \arcsin\left(R/a\right) \tag{11}$$

Etape 5: Calcul du niveau composite de la puissance surfacique en direction de l'emplacement d'essai OSG

Le niveau composite de la puissance surfacique peut être exprimé comme suit:

$$pfd(t) = \frac{P_{crête,\,4\,kHz}}{4\pi} \sum_{i\cdot j=1 \text{ à } N(t)_v} \frac{G\left(\varphi(t)_{i,j}\right)}{d(t)_{i,j}^2} \qquad \text{pour} \quad \varphi(t)_{i,j} \;\geq\; \varphi_{min} \tag{12}$$

où:

$P_{crête,\,4\,kHz}$: puissance de crête dans la bande de 4 kHz la plus défavorable, à l'entrée de l'antenne du satellite non OSG; cette valeur est supposée constante et égale pour tous les satellites non OSG

$N(t)_v$: nombre de satellites non OSG visibles de l'emplacement d'essai OSG à l'instant *t*.

3 Nombre total d'échelons et d'incrémentations d'échelon de simulation

Deux échelons de simulation sont nécessaires pour effectuer le calcul du niveau composite maximal de la puissance surfacique émise par un réseau non OSG en direction de l'OSG: l'échelon temporel Δt et l'échelon d'ascension droite $\delta\Omega$.

Comme il n'y a aucun brouillage par alignement direct en provenance du satellite non OSG (qui utilise soit une antenne à faible gain isotrope ou une antenne émettant du brouillage par ses lobes secondaires), diverses simulations (pour constellations LEO-D et LEO-F) ont montré qu'un échelon angulaire non supérieur à 0,5° était suffisant pour obtenir des résultats valides. Les échelons de calcul seront alors:

$$\Delta t = \frac{T\ (\mathrm{s}) \times 0{,}5°}{360°}$$

$$\delta\Omega = 0{,}5°$$

La durée totale de la simulation pour chaque emplacement d'essai sur l'OSG et pour le nombre total d'emplacements d'essai sur l'OSG est indiquée dans le § 1.

RECOMMANDATION UIT-R RS.1260-1*, **

Possibilité de partage de fréquences entre les capteurs spatiaux actifs et les systèmes d'autres services fonctionnant entre 420 et 470 MHz

(Question UIT-R 218/7)

(1997-2003)

L'Assemblée des radiocommunications de l'UIT,

considérant

a) que les radars à ouverture synthétique permettent de mesurer l'humidité du sol, la biomasse forestière, de détecter les structures géologiques enterrées (failles, fractures, synclinaux, anticlinaux, etc.), de cartographier et de mesurer l'épaisseur de la glace de l'Antarctique ainsi que les propriétés hydrogéologiques des régions arides et semi-arides;

b) qu'on a montré que les radars à ouverture synthétique expérimentaux installés sur des aéronefs permettaient d'effectuer ces mesures;

c) que ces radars spatioportés à ouverture synthétique doivent fonctionner à des fréquences inférieures à 500 MHz pour pouvoir pénétrer la végétation dense et la surface de la Terre de façon répétitive à l'échelle mondiale;

d) que la Conférence des Nations Unies sur l'environnement et le développement (CNUED), qui s'est tenue en 1992 à Rio de Janeiro, a souligné qu'il était nécessaire d'assurer une surveillance des forêts;

e) qu'aux termes de la Résolution 727 (Rév.CMR-2000) on cherche à attribuer une portion de spectre allant jusqu'à 6 MHz au service d'exploration de la Terre par satellite (active) dans la bande de fréquences 420-470 MHz pour satisfaire les besoins de ce service;

f) que les bandes de fréquences comprises entre 420 et 470 MHz sont actuellement attribuées aux services de radiolocalisation, d'amateur, d'exploitation spatiale et mobile;

g) que dans le service d'amateur, les communications utilisant des signaux de faible intensité (y compris Terre-Lune-Terre) sont concentrées autour de 432 MHz et que les communications du service d'amateur (liaison montante et liaison descendante) se font dans la bande 435-438 MHz;

---

* NOTE – Les Administrations de l'Arabie saoudite, de Djibouti, d'Egypte, des Emirats arabes unis, de Jordanie, du Koweit, du Maroc, de la Mauritanie, de la République arabe syrienne, de la Tunisie et du Yémen se sont opposées à l'approbation de la présente Recommandation. Pour plus d'information, voir le procès-verbal de l'AR-03 s'y référant.

** La Commission d'études 7 des radiocommunications a apporté des modifications rédactionnelles à cette Recommandation.

h) que certaines parties de ces bandes sont utilisées à d'autres fins, notamment:

– les radars profileurs de vent entre 440 et 450 MHz et, en cas d'incompatibilité avec d'autres applications, dans les bandes 420-435 MHz et 438-440 MHz (Résolution 217 (CMR-97));

– les récepteurs d'ordres d'autodestruction de lanceurs dans la bande 449,75-450,25 MHz (numéro 5.286 du Règlement des radiocommunications (RR)) ainsi qu'au voisinage de 421,0, 425,0, 427,0, 440,0 et 445,0 MHz aux Etats-Unis d'Amérique et au Brésil et, dans les départements français d'outre mer en Région 2 et en Inde dans la bande 433,75-434,25 MHz (numéro 5.281 du RR);

j) que certains radars spatiaux à ouverture synthétique pourraient produire des puissances surfaciques à la surface de la Terre supérieures aux niveaux de puissance surfacique qui seront peut-être nécessaires pour protéger le service fixe et le service mobile terrestre bénéficiant d'attributions dans cette gamme de fréquences;

k) que le partage des mêmes fréquences avec les profileurs de vent doit vraisemblablement être impossible en raison des brouillages causés sur les détecteurs actifs spatioportés;

l) que des radars à ouverture synthétique et le service d'amateur (qui a un statut primaire dans la Région 1 et un statut secondaire dans les Régions 2 et 3, sauf comme au numéro 5.278 du RR) peuvent coexister dans la bande 430-440 MHz, moyennant l'adoption des mesures techniques et opérationnelles définies dans l'Annexe 1 de la présente Recommandation;

m) que, en outre, les dispositions des numéros 5.274, 5.275, 5.276, 5.277, 5.278, 5.281 et 5.283 du RR énumèrent les pays dans lesquels les services fixe, mobile, d'exploitation spatiale et/ou d'amateur ont un statut primaire dans des parties définies de la bande 430-440 MHz;

n) que certaines études de partage ont indiqué que le partage de mêmes fréquences entre les services d'amateur et certains radars à ouverture synthétique proposés dans le service d'exploration de la Terre par satellite (SETS) est possible pour certains modes de transmission – MF et accès multiple par répartition dans le temps – des systèmes d'amateur mais qu'il serait difficile en mode ondes entretenues ou en mode bande latérale unique;

o) que la Recommandation UIT-R M.1462 contient les caractéristiques techniques et opérationnelles ainsi que les critères de protection applicables aux radars (aéroportés, embarqués à bord de navires, de poursuite d'objets situés dans l'espace) fonctionnant dans le service de radiolocalisation, dans la bande 420-450 MHz;

p) que certains radars spatioportés à ouverture synthétique risquent de causer des brouillages inacceptables aux radars terrestres de poursuite d'objets situés dans l'espace fonctionnant dans la bande 420-450 MHz si le radar spatioporté à ouverture synthétique se trouve dans le champ de vision des radars terrestres (c'est-à-dire au-dessus de l'horizon visible du radar);

q) que certains radars spatioportés à ouverture synthétique seront poursuivis par des radars terrestres de poursuite d'objets situés dans l'espace et que le niveau résultant de puissance brouilleuse reçue par le radar spatioporté à ouverture synthétique peut approcher sa fonction de traitement de puissance maximale;

r) que certains radars spatioportés à ouverture synthétique risquent de causer des brouillages inacceptables aux radars aéroportés ou embarqués à bord de navires fonctionnant dans la bande 420-450 MHz dont la probabilité et la gravité dépendent beaucoup des caractéristiques des radars à ouverture synthétique;

s) que les brouillages préjudiciables causés par les radars à ouverture synthétique aux récepteurs d'autodestruction des lanceurs, même pendant de très brèves périodes, pourraient porter atteinte à la sécurité des biens et des personnes;

t) que compte tenu de la complexité de la mise en oeuvre des instruments du SETS (active) à ces basses fréquences, très peu de plates-formes de ce type devraient être sur orbite au même moment,

recommande

1 de faire en sorte que les détecteurs actifs spatioportés fonctionnant dans les bandes utilisées par le service d'amateur, le service d'amateur par satellite, le service fixe, le service de radiolocalisation, le service d'exploitation spatiale, le service mobile et le SMS dans la gamme 420-470 MHz respectent les contraintes techniques et opérationnelles indiquées dans l'Annexe 1 de la présente Recommandation;

2 de faire en sorte que les détecteurs actifs spatioportés fonctionnant entre 420 et 450 MHz ne soient pas mis en service dans le champ de vision des radars terrestres de poursuite d'objets se trouvant dans l'espace énumérés dans le Tableau 2 à moins qu'il ne soit procédé à une analyse détaillée, au cas par cas, pour tenir compte des effets du traitement à bord du récepteur radar sur les signaux non désirés émis par les radars à ouverture synthétique et, éventuellement, à des essais sur le terrain pour confirmer la compatibilité, avec l'accord mutuel des administrations affectées;

3 de faire en sorte qu'un radar à ouverture synthétique destiné à fonctionner dans la bande 420-450 MHz soit conçu de façon à tolérer les niveaux de puissance des signaux non désirés émis par les radars terrestres de poursuite d'objets situés dans l'espace;

4 de considérer qu'il serait peut-être nécessaire de prévoir un espacement en fréquence et un espacement géographique suffisant entre les radars spatioportés à ouverture synthétique et les radars profileurs de vent fonctionnant dans les bandes 420-432 MHz et 438-450 MHz.

5 de choisir les bandes de fréquences attribuées aux détecteurs actifs spatioportés de façon à ce qu'il n'y ait pas de chevauchement avec celles des récepteurs d'autodestruction de lanceurs énumérés au point h) du *considérant*.

6 dans les cas où il est difficile de mettre en oeuvre le point 5 du *recommande* de ne pas exploiter les détecteurs actifs spatioportés fonctionnant dans les bandes de fréquences attribuées aux récepteurs d'ordres d'autodestructions de lanceurs à moins d'une certaine distance des emplacements où les commandes de lanceurs sont utilisées afin d'éviter que les détecteurs actifs spatioportés causent des brouillages aux récepteurs des lanceurs.

Annexe 1

Contraintes techniques et opérationnelles applicables aux systèmes du SETS (active) fonctionnant entre 420-470 MHz

Pour protéger les stations fonctionnant dans les services existants, les émissions des radars à ouverture synthétique du SETS (active) fonctionnant dans la gamme de fréquences 420-470 MHz doivent respecter les contraintes techniques et opérationnelles spécifiées dans la présente Annexe.

Ces contraintes sont basées sur les études de l'UIT-R. L'Annexe 2 donne des informations sur les possibilités de partage entre les détecteurs actifs spatioportés et d'autres services entre 420-470 MHz.

1 Contraintes techniques

TABLEAU 1

Contraintes techniques applicables aux instruments du SETS (active) fonctionnant entre 420-470 MHz

Paramètre	Valeur
Puissance surfacique de crête à la surface de la Terre produite dans le lobe principal de l'antenne	-140 dB(W/(m^2 · Hz))
Puissance surfacique moyenne maximale à la surface de la Terre produite dans le lobe principal de l'antenne	-150 dB(W/(m^2 · Hz))
Puissance surfacique moyenne maximale à la surface de la Terre produite dans le premier lobe latéral de l'antenne	-170 dB(W/(m^2 · Hz))

2 Contraintes opérationnelles

Les instruments du SETS (active) fonctionnant dans la bande 420-450 MHz ne doivent pas émettre dans le champ de vision des radars terrestres de poursuite d'objets situés dans l'espace, énumérés dans le Tableau 2, à moins qu'il n'ait été procédé à une analyse détaillée pour tenir compte des effets du traitement à bord du récepteur radar sur les signaux non désirés émis par le radar à ouverture synthétique et éventuellement à des essais sur le terrain pour confirmer la compatibilité.

Compte tenu de ces contraintes, les instruments du SETS (active) doivent être conçus de façon à pouvoir programmer une cessation de toutes les émissions RF sur des zones géographiques ou dans des pays où les règlements de l'UIT ou des règlements nationaux n'autorisent pas leur exploitation.

L'exploitation des instruments du SETS (active) doit être axée sur des campagnes d'observations, ciblée sur des zones géographiques bien précises et la durée pendant laquelle ces instruments sont actifs doit être limitée au minimum requis pour atteindre les objectifs des campagnes. Par conséquent, pour effectuer ces mesures les instruments ne doivent pas fonctionner en permanence et plusieurs mois peuvent s'écouler entre des campagnes de mesures successives dans la même zone.

Le facteur d'utilisation des instruments fonctionnant en mode campagnes d'observations sera de 15% au maximum (en règle générale 10%). Lorsqu'ils ne sont pas en mode campagnes, les instruments seront mis hors tension.

FIGURE 1

Exemple de zone d'exclusion autour de radars de poursuite d'objets situés dans l'espace dans le cas d'un radar à ouverture synthétique sur une orbite de 550 km d'altitude

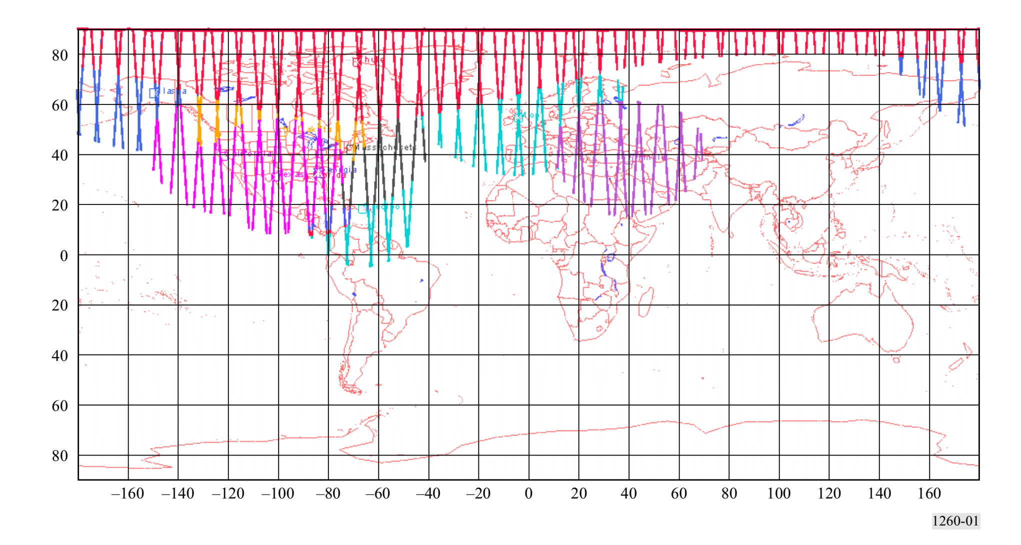


TABLEAU 2

Radars de poursuite d'objets situés dans l'espace fonctionnant dans la bande 430-440 MHz

Localisation du radar	Latitude	Longitude
Massachusetts (Etats-Unis d'Amérique)	41,8° N	70,5° W
Texas (Etats-Unis d'Amérique)	31,0° N	100,6° W
Californie (Etats-Unis d'Amérique)	39,1° N	121,5° W
Georgie (Etats-Unis d'Amérique)	32,6° N	83,6° W
Floride (Etats-Unis d'Amérique)	30,6° N	86,2° W
Nord Dakota (Etats-Unis d'Amérique)	48,7° N	97,9° W
Alaska (Etats-Unis d'Amérique)	64,3° N	149,2° W
Thule (Groenland)	76,6° N	68,3° W
Fylingdales Moor (Royaume-Uni)	54,5° N	0,4° W
Pirinclik (Turquie)	37,9° N	40,0° E

3 Critères de protection applicables aux services fonctionnant dans la bande 420-470 MHz

Tous les critères de protection mentionnés dans le présent paragraphe ne figurent pas dans des Recommandations de l'UIT-R. Par conséquent, certains d'entre eux ont été établis à partir de données extraites d'études de l'UIT-R. Le Tableau 3 reflète les données disponibles au moment où la présente Recommandation a été élaborée.

Il convient de noter que toute future Recommandation décrivant les critères de protection applicables à un service donné quelconque prévaudra sur les valeurs données dans le Tableau, telles qu'elles ont été établies à partir d'études de l'UIT-R.

TABLEAU 3

Critères de protection applicables aux services fonctionnant entre 420-470 MHz

Gamme de fréquences (MHz)	Services de l'UIT-R	Pourcentages de temps et critères dans les colonnes 4 et 5 à appliquer uniquement dans les zones géographiques suivantes	Pourcentage de temps maximal pendant lequel le critère peut être dépassé(1)	Critère de brouillage au niveau des stations de réception	Sources
430-440	Amateur	Dans le champ de vision des stations terrestres d'amateur situées dans les régions définies au *considérant* l)	1%	Puissance surfacique = -204 dB(W/(m$^2 \cdot$ Hz))(2)	Etudes de l'UIT-R
435-438	Amateur par satellite	Dans le champ de vision des stations terriennes du service d'amateur par satellite situées dans les régions définies au *considérant* l)	1%	Puissance surfacique = -197 dB(W/(m$^2 \cdot$ Hz))	Etudes de l'UIT-R
435-438	Amateur satellite	Dans le champ de vision des récepteurs des stations spatiales du service d'amateur	1%	Puissance surfacique = -187 dB (W/(m$^2 \cdot$ Hz))	Etudes de l'UIT-R
420-470(3)	Fixe	Dans le champ de vision des stations du service fixe, y compris les stations situées dans les régions définies au *considérant* m)	Sans objet	$(I/N)_{MOYEN} = -20$ dB (équivalent à une dégradation relative à la qualité de fonctionnement de 1%)	Rec. UIT-R F.758 et UIT-R F.1108
420-432 et 438-450	Radiolo-calisation	Dans le champ de vision des radars profileurs de vent	(4)	$(I/N)_{CRÊTE} = -6$ dB	Rec. UIT-R M.1462
420-450	Exploita-tion spatiale	Dans le champ de vision des récepteurs d'autodestruction de lanceurs situés dans les régions définies au *considérant* m)	Espacement en fréquence ou espacement géographique requis		Etudes de l'UIT-R

TABLEAU 3 (*fin*)

Gamme de fréquences (MHz)	Services de l'UIT-R	Pourcentages de temps et critères dans les colonnes 4 et 5 à appliquer uniquement dans les zones géographiques suivantes	Pourcentage de temps maximal pendant lequel le critère peut être dépassé(1)	Critère de brouillage au niveau des stations de réception	Sources
420-450	Radiolo-calisation	Dans le champ de vision des radars terrestres de poursuite d'objets situés dans l'espace(5)	(4)	$(I/N)_{CRÊTE} = -6$ dB	Rec. UIT-R M.1462
420-450	Radiolo-calisation	Dans le champ de vision des radars embarqués à bord de navires	(4)	$(I/N)_{CRÊTE} = -6$ dB	Rec. UIT-R M.1462
420-450	Radiolo-calisation	Dans le champ de vision des radars aéroportés	(4)	$(I/N)_{CRÊTE} = -6$ dB	Rec. ITU-R M.1462
420-470(3)	Mobile	Dans le champ de vision des stations mobiles, y compris les stations situées dans les Régions définies au *considérant* m)	0,1%	Puissance surfacique = -204 dB(W/(m^2 · Hz))(2)	Etudes de l'UIT-R

(1) Compte tenu de tous les radars spatioportés à ouverture synthétique actifs dans cette gamme de fréquences.

(2) La puissance surfacique cumulative maximale spécifiée pour la bande 430-440 MHz a été établie à partir du niveau de brouillage acceptable maximum reçu dans le lobe latéral moyen d'une antenne de réception du service d'amateur.

(3) Dans la gamme de fréquences 430-440 MHz, les services fixe et mobile bénéficient d'attributions uniquement dans certains pays, dans le cadre d'un renvoi.

(4) Le critère donné dans la Recommandation UIT-R M.1462 est basé sur la protection des systèmes de radiolocalisation contre les brouillages assimilables à du bruit. Le partage peut être possible entre les systèmes de radiolocalisation et les détecteurs actifs spatioportés, à des niveaux de brouillage supérieurs à ceux donnés dans la Recommandation UIT-R M.1462 si l'on utilise des techniques de traitement du signal pour filtrer les rayonnements non désirés pulsés. La Recommandation UIT-R M.1372 décrit certaines de ces techniques de suppression des brouillages.

(5) Les instruments du SETS (active) fonctionnant dans la bande 420-450 MHz ne doivent pas émettre dans le champ de vision des radars terrestres de poursuite d'objets situés dans l'espace énumérés dans le Tableau 2, à moins qu'il ait été procédé à une analyse détaillée, au cas par cas, pour tenir compte des effets du traitement à bord du récepteur radar sur les signaux non désirés émis par les radars à ouverture synthétique et éventuellement à des essais sur le terrain pour confirmer la compatibilité, avec l'accord mutuel des administrations affectées.

Annexe 2

Méthode d'évaluation et de limitation des brouillages

1 Introduction

La méthode présentée permet de procéder à une estimation pour savoir si les signaux non désirés émis d'un détecteur actif spatioporté et reçus par d'autres services dans la bande 420-470 MHz peuvent poser des problèmes en cas d'exploitation dans des bandes de fréquences communes. Une bonne partie de la présente Annexe est tirée de l'Annexe 1 de la Recommandation UIT-R RS.1280 – Choix des caractéristiques d'émission des capteurs actifs spatioportés visant à atténuer les risques de brouillage causé aux radars terrestres fonctionnant dans les bandes comprises entre 1 et 10 GHz. Les calculs portent essentiellement sur un certain nombre de paramètres du détecteur dont les valeurs peuvent être choisies de manière à améliorer la situation de partage.

2 Calcul du brouillage causé à d'autres services

La puissance surfacique moyenne du signal brouilleur, I_{pfd} (dB(W/(m^2 · Hz))) et le niveau de puissance moyen du signal brouilleur, I (dBW), reçus par les autres services en provenance de détecteurs actifs spatioportés sont donnés par la formule:

$$I_{pfd} = 10 \log P_t + 10 \log (\tau \, PRF) + G_t - (130{,}99 + 20 \log R + 10 \log B) + OTR - PG \qquad (1a)$$

et

$$I = 10 \log P_t + 10 \log (\tau \, PRF) + G_t + G_r - (32{,}44 + 20 \log (f R)) + OTR - PG \qquad (1b)$$

où:

- P_t: puissance de crête d'émission du détecteur spatioporté (W)
- τ: largeur des impulsions du détecteur spatioporté (s)
- PRF: fréquence de récurrence des impulsions du détecteur spatioporté (Hz)
- G_t: gain de l'antenne du détecteur spatioporté dans la direction de l'autre service (dBi)
- R: distance oblique entre le détecteur et le radar (km)
- B: largeur de bande du détecteur (MHz)
- OTR: rejet à la fréquence d'accord (*receiver on-tune rejection*) du récepteur (dB)
- PG: gain de traitement (dB), élimination des signaux non désirés apportée par le système de traitement du signal à bord du récepteur (supposé être nul s'il n'est pas connu)
- f: fréquence (MHz).

L'équation (1a) donne le niveau de puissance surfacique moyen du signal brouilleur et l'équation (1b) le niveau de puissance moyen du signal brouilleur. Le niveau de puissance moyen du signal brouilleur est utilisé lorsqu'on peut déterminer qu'il convient de le faire: par exemple un radar qui effectue une transformée de Fourier rapide sur le signal reçu va «étaler» les différentes composantes du signal pulsé sur un certain nombre de secteurs, ce qui équivaut à un moyennage du niveau du signal brouilleur reçu. Le terme rejet à la fréquence d'accord est donné par la formule:

$$OTR = 10 \log (B_r / B_t) \qquad \text{pour } B_r \le B_t \qquad (2a)$$

$$= 0 \qquad \text{pour } B_r > B_t \qquad (2b)$$

où:

- B_r: largeur de bande du récepteur;
- B_t: largeur de bande du signal brouilleur émis.

Si le signal brouilleur de crête est le signal considéré, le deuxième terme de l'équation (1) doit être ignoré et le rejet à la fréquence d'accord est calculé à partir des équations suivantes:

Impulsion d'entrée sans modulation de fréquence:

$$OTR = 20 \log (B_r \, \tau) \qquad \text{pour } B_r \, \tau < 1 \qquad (3a)$$

$$= 0 \qquad \text{pour } B_r \, \tau > 1 \qquad (3b)$$

Impulsion d'entrée avec modulation de fréquence:

$$OTR = 10 \log \left(\frac{B_r^2 \tau}{B_c} \right) \qquad \text{pour } \frac{B_r^2 \tau}{B_c} < 1 \tag{4a}$$

$$= 0 \qquad \text{pour } \frac{B_r^2 \tau}{B_c} > 1 \tag{4b}$$

où:

B_r: largeur de bande FI du récepteur de l'autre service

B_c: largeur de bande de modulation du détecteur spatioporté

τ: largeur des impulsions du détecteur.

3 Critères de brouillage applicable à d'autres services

Les critères applicables à des systèmes particuliers d'autres services sont donnés dans le Tableau 1 en termes de limites maximales de puissance surfacique cumulative relevées au niveau des récepteurs (dB(W/(m^2 · Hz))) et également en termes de pourcentage de temps maximal pendant lequel les limites de puissance surfacique peuvent être dépassées. Il existe plusieurs exemples pour lesquels un critère différent est utilisé.

3.1 Radars de surveillance du service de radiolocalisation

On suppose que le rapport S/N à la réception des radars de surveillance ne peut pas être dégradé de plus de 0,5 dB pendant un temps égal à une scrutation arbitrairement fixée à 10 s. Cela correspond à un rapport des puissances I/N de –9 dB au niveau de l'étage FI du récepteur. On considère que le niveau de puissance moyen du signal brouilleur est un paramètre intéressant dans le cas des radars de surveillance.

3.2 Radars de poursuite du service de radiolocalisation

Les radars de poursuite utilisent souvent des «portes distance» afin d'exclure tous les échos qui ne correspondent pas aux distances spécifiques observées. Une considération importante pour déterminer la sensibilité d'un radar de poursuite à un train d'impulsions brouilleuses est la proportion des impulsions brouilleuses qui coïncident avec la porte distance. La coïncidence des impulsions brouilleuses avec la porte distance dépendra de la façon dont les fréquences de récurrence des impulsions utiles et brouilleuses sont liées (Cas I) ou non (Cas II) par des multiples entiers. La proportion des impulsions coïncidentes, f_c, est donnée par les formules suivantes:

$$f_c = \frac{GCF(PRF_i, PRF_g)}{PRF_g} \qquad \text{pour le Cas I} \tag{5a}$$

$$f_c = PRF_i(\tau_g + \tau_i) \qquad \text{pour le Cas II} \tag{5b}$$

où:

PRF_i: fréquence de récurrence des impulsions brouilleuses

PRF_g: fréquence de récurrence de la porte

$GCF(PRF_i, PRF_g)$: plus grand facteur commun de PRF_i et PRF_g

τ_i: largeur des impulsions brouilleuses

τ_g: largeur de la porte.

Il convient de noter que lorsque $\tau_i > \tau_g$ et que les fréquences PRF utile et brouilleuse ne sont pas liées par des multiples entiers (Cas II), f_c correspond approximativement au coefficient d'utilisation des impulsions brouilleuses. On considère que cette situation correspond au cas général et on l'utilise pour déterminer le seuil de dégradation pour un radar de poursuite.

Pour pouvoir déterminer très précisément la position des cibles, les radars de poursuite utilisent des antennes à gain très élevé avec des faisceaux principaux étroits bien définis. Un mécanisme permet d'asservir l'axe de visée du faisceau principal de l'antenne sur la cible; cet asservissement est commandé par un signal d'erreur produit par l'erreur angulaire entre la cible et l'axe de visée de l'antenne. Les signaux non désirés captés par le radar peuvent augmenter cette erreur.

Un seuil de dégradation pour un radar de poursuite exprimé sous forme de fraction admissible d'impulsions brouilleuses coïncidentes, f_c, en fonction du rapport S/I à la sortie FI du récepteur est donné par les formules suivantes:

$$f_c = \frac{a^2 - 1}{\dfrac{90 B_r \tau}{(S/I - 1)} - 1} \qquad \text{quand } S/I > 1 \qquad \text{(6a)}$$

$$f_c = \frac{a^2 - 1}{\dfrac{90 B_r \tau}{(S/I - 1)} - 1} \qquad \text{quand } S/I < 1 \qquad \text{(6b)}$$

où:

a: facteur associé à l'erreur de poursuite totale qui tient compte de la dégradation due au brouillage (par exemple une valeur de $a = 1,1$ donne une augmentation de 0,1%, ou de 10% due au brouillage)

B_r: largeur de bande à 3 dB du filtre FI du radar

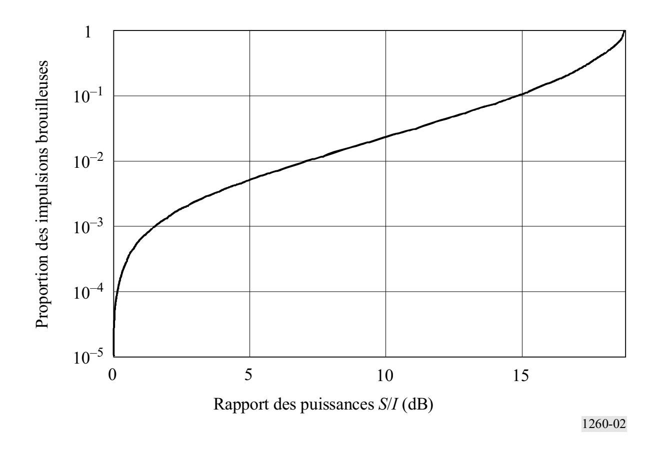
τ: durée des impulsions renvoyées par la cible (on notera que $B_r \tau \cong 1$ pour un radar de poursuite)

S/I: rapport puissance du signal/brouillage à la sortie FI du radar (non exprimé en dB).

La courbe de la Fig. 2 représente la proportion des impulsions coïncidentes en fonction du rapport S/I à la sortie FI du récepteur, correspondant à une augmentation de 10% de l'erreur de poursuite du radar due au brouillage. Cette proportion est égale approximativement au coefficient d'utilisation du détecteur (6%) de sorte qu'un rapport S/I de 13 dB correspond à une erreur de poursuite de 10%. On supposera que le rapport S/I doit être $\geq$ 13 dB pour des périodes de temps de plus de 3 s. (Etant donné que le critère de brouillage a été établi sur la base d'une impulsion brouilleuse coïncidente avec la porte distance du radar, il convient d'utiliser la puissance de crête du signal brouilleur.)

FIGURE 2

Rapport *S/I* du radar en fonction de la proportion des impulsions brouilleuses coïncidentes (augmentation de 10% de l'erreur de poursuite)



4 Exemple d'analyse d'un signal émis par un détecteur spatioporté et brouillant d'autres services

4.1 Caractéristiques techniques

4.1.1 Détecteur spatioporté

Le Tableau 4 donne les caractéristiques d'un détecteur spatioporté représentatif utilisé dans l'analyse ci-après.

TABLEAU 4

Caractéristiques du radar spatioporté à ouverture synthétique 1 (SAR1)

Paramètres	Valeur
Altitude de l'orbite (km)	750
Inclinaison de l'orbite (degrés)	98,4
Puissance RF de crête rayonnée (W)	400
Puissance RF moyenne rayonnée (W)	4,4
Largeur des impulsions (μs)	50
PRF (Hz)	2 200
Modulation des impulsions	MF linéaire
Largeur de bande des impulsions (MHz)	4,8
Gain d'antenne crête (dB)	27,9
Orientation de l'antenne (degrés)	37 par rapport au nadir
1er lobe latéral de l'antenne (dB)	–17,6 par rapport à la valeur crête
5ème lobe latéral de l'antenne (dB)	–34 par rapport à la valeur crête

4.1.2 Radars aéroportés

La Recommandation UIT-R M.1462 donne les caractéristiques et les critères de protection applicables aux radars fonctionnant dans la bande de fréquences 420-450 MHz. Des analyses antérieures ont permis de conclure que les détecteurs actifs spatioportés ne sont pas techniquement compatibles avec des radars terrestres très sensibles de poursuite d'objets situés dans l'espace.

Dans l'analyse des simulations informatiques, on a examiné la compatibilité entre les radars spatioportés à ouverture synthétique et les radars aéroportés fonctionnant dans cette bande de fréquences. Les résultats pour les radars embarqués à bord de navires sont analogues à ceux pour les radars aéroportés. Le projet de nouvelle Recommandation indique que la largeur de bande du récepteur du détecteur aéroporté est de 1 MHz et que l'antenne du radar est une antenne plan présentant un gain de 22 dBi. Pour les besoins de l'analyse, on a supposé que l'antenne scrutait en azimut avec un angle d'élévation de 0º. Le rapport de protection pour les radars correspond à un rapport I/N de –6 dB.

4.2 Méthode d'analyse et résultats

4.2.1 Simulations informatiques

4.2.1.1 Gain de traitement

Dans l'analyse des brouillages que les radars spatioportés à ouverture synthétique pourraient causer aux récepteurs du service de radiolocalisation, on a supposé qu'il n'y avait aucun gain de traitement (en d'autres termes, possibilité de rejeter le brouillage dû au traitement du signal dans le récepteur). Pour les systèmes de radiolocalisation, il peut être judicieux d'examiner la réaction éventuelle du récepteur à des signaux brouilleurs pulsés comme ceux émis par des radars à ouverture synthétique.

Les détails de la résistance d'un radar à des signaux brouilleurs pulsés ne sont en règle générale pas connus. Toutefois, de nombreux récepteurs radars modernes, en particulier ceux qui doivent exécuter une fonction de surveillance en présence d'un fouillis important procéderont à un traitement Doppler numérique pour localiser des cibles dans le fouillis de fond. L'effet d'une transformée rapide de Fourier sur le brouillage entrant pulsé sera «d'étaler» la puissance pulsée de crête sur les intervalles distance/Doppler voisins, ce qui se traduira par une moyenne de la puissance brouilleuse.

4.2.1.2 Critère de brouillage pour les radars

Un rapport I/N de –6 dB est donné comme critère de protection pour les radars aéroportés dans la Recommandation UIT-R M.1462. Aucun pourcentage/durée de temps admissible n'est donné pendant lequel le brouillage pourrait dépasser cette valeur. Il n'est pas judicieux d'appliquer le concept de pourcentage de temps admissible pendant lequel le brouillage peut dépasser cette valeur aux radars et, en particulier, aux radars de surveillance comme les radars aéroportés pris en considération dans la présente analyse. Le concept de perte de données ou «d'interruption» autorisée peut être appliqué à une liaison de communication ou à un détecteur mais la détection de la cible – fonction de base essentielle d'un radar – intervient à un instant donné du temps et donc les interruptions longues ne sont pas pertinentes.

Une méthode utilisée dans un certain nombre d'analyses analogues de l'UIT-R consiste à examiner les résultats des simulations en partant de l'hypothèse que le fonctionnement d'un radar de surveillance ne peut pas être dégradé pendant une période de temps dépassant une scrutation. Cela signifie qu'une cible peut ne pas être détectée pendant la première scrutation que le radar peut par ailleurs avoir accomplie avec succès. Le temps de rotation des antennes radars aéroportés pris en considération dans la présente analyse est de l'ordre de 10 s. Par conséquent, le brouillage ne devrait pas dépasser le rapport $I/N = –6$ dB pendant plus de 10 s. (Dans cette hypothèse, une cible se

déplaçant à une vitesse de 800 km/h en approche une autre environ 2 km après la détection, en l'absence de brouillage, ce qui peut être acceptable ou non selon la situation.) Il ressort d'un examen des résultats des simulations (utilisant à la fois la puissance brouilleuse de crête et la puissance brouilleuse moyenne reçues par les radars) que le partage des fréquences peut être difficile entre les radars spatioportés à ouverture synthétique et les radars.

4.2.1.3 Résultats des simulations informatiques

Les simulations ont été effectuées avec un radar de type SAR1 (voir le Tableau 5). Le Tableau 6 donne les résultats de simulations informatiques des brouillages qu'un radar SAR1 peut causer à des systèmes du service de radiolocalisation. Toutes les simulations ont été conduites par incrément de temps de 2 s sur une période de 60 jours. On notera que deux résultats concernant le pourcentage de temps pendant lequel il y a brouillage sont également donnés dans le Tableau 6.

Le premier est le pourcentage de temps pendant lequel le critère de brouillage est dépassé lorsqu'un radar à ouverture synthétique ou plus sont visibles (au-dessus de l'horizon) depuis la ou les stations terriennes et le second est le pourcentage de temps pendant lequel le critère de brouillage est dépassé sur l'ensemble de la période retenue pour la simulation (y compris les moments pendant lesquels aucun radar à ouverture synthétique n'est visible sur certaines portions de la Terre).

TABLEAU 5

Puissance surfacique brouilleuse de crête/moyenne provenant des lobes principaux et des lobes latéraux d'un radar SAR1 fonctionnant dans la bande P à la surface de la Terre

Paramètre	Valeur	dB
Puissance émise (W)	400,00	26,02
Gain d'antenne crête du lobe principal (dBi)	27,90	27,90
Niveau des lobes latéraux d'antenne (dBi)	–6,10	–6,10
1/(4π)	$7{,}96 \times 10^{-2}$	–10,99
1/(distance)^2 (km)	972,80	–119,76
1/largeur de bande (MHz)	1/4,80	–66,81
Largeur des impulsions (µs)	50,00	
PRF (Hz)	2 200,00	
Densité de puissance crête dans le lobe principal (dBW)		–75,86
Densité de puissance crête dans le lobe latéral (dBW)		–109,86
Puissance surfacique crête dans le lobe principal (dB(W/(m^2 · Hz)))		–143,6
Puissance surfacique moyenne dans le lobe principal (dB(W/(m^2 · Hz)))		–153,2
Puissance surfacique crête dans les lobes latéraux (dB(W/(m^2 · Hz)))		–177,6
Puissance surfacique moyenne dans les lobes latéraux (dB(W/(m^2 · Hz)))		–187,2

TABLEAU 6

Résultats des simulations informatiques

Récepteur	Critère	SAR1
Radar aéroporté	*I*/*N*, cas le plus défavorable (dB)	36,2
	I/*N*, moyenne (dB)	–4,4
	Pourcentage de temps pendant lequel *I*/*N* > –6 dB (radar à ouverture synthétique visible) (%)	12,0
	Pourcentage de temps pendant lequel *I*/*N* > –6 dB (tout le temps) (%)	0,6
	Temps maximum pendant lequel *I*/*N* > –6 dB (min)	4,8
	Temps moyen pendant lequel *I*/*N* > –6 dB (s)	7,3
	Nombre de fois pendant lequel *I*/*N* > –6 dB (événements)	3 823

5 Procédure à suivre pour utiliser la méthode

La puissance surfacique moyenne d'un détecteur actif spatioporté devrait être examinée pendant la phase de conception. Les équations (1) à (4) peuvent être utilisées pour déterminer les paramètres susceptibles d'être corrigés pendant la conception du détecteur aéroporté pour améliorer le partage avec d'autres services. La puissance de l'émetteur, le gain de l'antenne (en particulier les niveaux des lobes latéraux), la largeur des impulsions, la fréquence de récurrence et la largeur de bande de modulation sont autant de paramètres susceptibles d'être corrigés.

Lorsqu'on analyse la compatibilité entre un détecteur spatioporté et un système d'un service particulier, il faut tenir compte du gain de traitement éventuel du système de réception étant donné que dans l'analyse on a supposé qu'il n'y en avait pas. Cette hypothèse est valable pour le cas général étant donné que toutes les stations de réception n'ont pas de gain de traitement.

Par exemple, considérons deux radars fonctionnant dans la bande 420-450 MHz:

– un radar de poursuite avec une largeur de bande FI de 0,1 MHz (radar 1);

– un radar d'interception aéroporté avec une largeur de bande FI de 1 MHz (radar 2).

Si le détecteur spatioporté du Tableau 4 peut être exploité avec une largeur d'impulsion différente et une largeur de bande de modulation analogue à celle indiquée dans le Tableau 7, le niveau de puissance du signal brouilleur peut être sensiblement réduit.

TABLEAU 7

Exemple de réduction de la puissance brouilleuse reçue au niveau du détecteur grâce à des modifications de la largeur des impulsions et de la largeur de bande de modulation

	Nouvelles valeurs de paramètre pour le radar SAR1		ΔOTR (dB)	ΔP_{avg} (dB)	ΔI (dB)
	τ (µs)	B_c (MHz)			
Radar 1	25	6	– 4,0	Non disponible(1)	–4,0
Radar 2	25	6	–0,0	–3,0	–3,0

(1) On a jugé approprié d'utiliser la puissance moyenne du signal brouilleur pour le radar aéroporté et la puissance de crête du signal brouilleur pour le radar de poursuite.

6 Conclusion

Il a été montré qu'il devrait être possible de réduire la puissance surfacique de façon à améliorer les caractéristiques d'émission des détecteurs actifs spatioportés afin d'améliorer la compatibilité avec d'autres services. La puissance de l'émetteur du détecteur, le diagramme de gain de l'antenne, la largeur des impulsions, la PRF et la largeur de bande de modulation (si on utilise la modulation de fréquence), sont autant de caractéristiques possibles qui peuvent être corrigées pour améliorer la compatibilité.

RECOMMANDATION UIT-R BO.1293-2

Gabarits de protection et méthodes de calcul associées pour les brouillages causés aux systèmes de radiodiffusion par satellite dans le cas d'émissions numériques

(Question UIT-R 223/11)

(1997-2000-2002)

L'Assemblée des radiocommunications de l'UIT,

considérant

a) que les rapports de protection et les gabarits de protection associés sont des caractéristiques essentielles pour les signaux de télévision transmis dans le service de radiodiffusion par satellite (SRS) et sur les liaisons de connexion associées;

b) que les Plans spécifiés dans les Appendices 30 et 30A au Règlement des radiocommunications (RR) ont été élaborés sur la base de valeurs du rapport de protection et de méthodes de calcul des brouillages spécifiées pour des décalages de fréquence fixes et pour des types donnés de signaux;

c) que, dans de nouveaux systèmes soumis au Bureau des radiocommunications (BR), pour une mise en œuvre dans le cadre de ces Plans, il est proposé d'utiliser de nouveaux types de signaux pour lesquels on ne dispose pas de gabarits de protection et pour lesquels les méthodes de calcul des brouillages sont limitées;

d) que le BR a demandé à la Commission d'études 6 des radiocommunications de spécifier des méthodes et des critères de protection additionnels pour évaluer les brouillages causés et subis par ces nouveaux types de signaux;

e) que la définition des gabarits de protection et les méthodes de calcul associées donnent des informations techniques extrêmement utiles pour la révision des Plans spécifiés dans les Appendices 30 et 30A du RR pour les Régions 1 et 3;

f) que diverses administrations et organisations ont effectué des études qui valident la méthode proposée pour le calcul des brouillages,

reconnaissant

a) que les gabarits de protection valorisent la notion de rapports de protection, ceux-ci étant associés à des décalages de fréquence fixes;

b) que la méthodologie décrite dans l'Annexe 3 permet de spécifier des gabarits de protection adéquats pour le calcul des brouillages entre émissions numériques,

c) que la Conférence mondiale des radiocommunications (Istanbul, 2000) (CMR-2000) a défini des nouveaux Plans pour le SRS et pour les liaisons de connexion associées pour les Régions 1 et 3, sur la base d'une modulation numérique, ainsi que de nouvelles Listes pour les Régions 1 et 3, entraînant ainsi une mise à jour des Appendices 30 et 30A;

d) que les administrations sont habilitées à mettre en œuvre leurs assignations figurant dans le Plan à tout moment, sans aucune restriction supplémentaire en ce qui concerne les caractéristiques à partir desquelles les plans sont établis,

recommande

1 d'appliquer le texte de l'Annexe 1 pour toute analyse de compatibilité EPM/OEPM réalisée conformément aux Articles 4 et 5 des Appendices 30 et 30A;

2 d'utiliser les méthodes associées de calcul des brouillages applicables aux marges EPM/-OEPM, décrites dans l'Annexe 2 pour les analyses de compatibilité mentionnées au *recommande* 1.

NOTE 1 – La méthode de calcul permettant d'obtenir des gabarits de protection, décrite à l'Annexe 3, qui s'applique aux réseaux du SRS utilisant tout type d'émissions numériques modulées par déplacement de phase, peut être utilisée pour des analyses de compatibilité lors d'une coordination bilatérale entre administrations.

NOTE 2 – Des études complémentaires devront être menées pour mettre au point des gabarits destinés à d'autres types d'émission (brouillages analogique-analogique, numérique-analogique et analogique-numérique). D'ici à l'élaboration de ces gabarits, la méthode décrite dans l'Annexe 1 devra être utilisée dans le calcul des brouillages entre les émissions, dans le cas où ces brouillages sont de nature numérique.

ANNEXE 1

Calcul des brouillages numériques en l'absence de gabarits de protection appropriés

Lorsqu'on applique la méthode de calcul de l'Annexe 2, il est souhaitable d'utiliser le gabarit de protection convenant le mieux au cas de brouillage numérique considéré (c'est-à-dire la valeur la plus appropriée de $D_i\,(fo_i)$ dans l'Annexe 2). Par exemple, dans le cas d'une émission numérique brouillée par une autre émission numérique, il est possible d'obtenir ce gabarit en appliquant la méthode de calcul décrite dans l'Annexe 3.

Les études devront être poursuivies pour spécifier des gabarits de protection génériques adéquats dans le cas d'une émission analogique brouillée par une émission numérique.

En attendant que ces gabarits soient disponibles, on utilisera la méthode décrite ci-après pour calculer le brouillage entre deux émissions dans le cas où le brouilleur est une émission numérique.

Le paramètre $D(fo)$ a pour expression:

$$D(fo) = 10\ \log_{10}\big(B/b(fo)\big) + K$$

où:

$b(fo)$: chevauchement de largeur de bande entre la porteuse brouilleuse et la porteuse utile (MHz)

B: largeur de bande nécessaire de la porteuse brouilleuse à modulation numérique (MHz)

K: coefficient de pondération positif.

En général, une méthode de calcul de gabarit de protection comme celle décrite dans l'Annexe 3 quantifie le coefficient K. La valeur de K ainsi obtenue peut varier en fonction des paramètres des signaux utile et brouilleur et en fonction du décalage de fréquence entre les deux signaux (en fait, la méthode de l'Annexe 3 ne calcule pas explicitement le coefficient K, mais calcule directement la valeur de $-D(fo)$).

En l'absence de gabarits de protection appropriés pour quantifier le coefficient K, directement ou indirectement, on posera par hypothèse $K = 0$, ce qui correspond au cas le plus défavorable.

ANNEXE 2

Méthodes de calcul des brouillages associées aux Annexes 1 et 3*

1 Introduction

On trouvera dans la présente Annexe la description d'une méthode générique pour le calcul des brouillages dans les Plans du SRS, compte tenu des différentes catégories de brouillage (par exemple, dans le même canal, le canal adjacent, etc.).

Cette méthode générique spécifiée ci-dessous, associée aux méthodes appropriées de calcul des gabarits de protection, est à utiliser afin de déterminer les valeurs nécessaires pour évaluer les situations de brouillage mettant en jeu différentes émissions dans les Plans du SRS.

2 Terminologie, symboles et opérateurs

Pour simplifier le raisonnement développé dans la présente Annexe et en faciliter la compréhension, on définit les termes, symboles et opérateurs suivants:

Source unique, se (*single entry*):	une seule porteuse brouilleuse est prise en compte
Composite ou cumulatif, ag (*aggregate*):	toutes les porteuses brouilleuses sont prises en compte
Equivalent, eq:	combinaison d'un brouillage sur la même fréquence et d'un brouillage sur une fréquence décalée
Global, ov (*overall*):	combinaison d'un brouillage sur une liaison de connexion (up) et d'un brouillage sur une liaison descendante, (dn)
fo:	décalage de fréquence: différence entre les fréquences centrales de deux porteuses
C/I:	rapport porteuse/brouillage (dB)
PR:	rapport de protection (dB)
EPM:	marge de protection équivalente (*equivalent protection margin*) (dB)
OEPM:	marge de protection équivalente totale (*overall equivalent protection margin*) (dB)

* Cette méthode a été élaborée en vue de l'analyse de compatibilité des assignations soumises au BR en vertu des Appendices 30 et 30A du RR, avec des paramètres différents de ceux utilisés pour établir les Plans (largeur des canaux, fréquence centrale, type d'émission, etc.).

X: diminution du rapport C/I total sous l'effet du brouillage sur la liaison de connexion (dB)

Opérateur $\oplus$: $A \oplus B = -10 \log \left(10^{-A/10} + 10^{-B/10}\right)$

Opérateur ©: $A © B = -10 \log \left(10^{-A/10} - 10^{-B/10}\right)$

Opérateur $\Sigma\oplus$: $\sum_{n=1}^{N} \oplus A_n = -10 \log \left(10^{-A_1/10} + 10^{-A_2/10} + \ldots + 10^{-A_n/10}\right)$

3 Méthodes de calcul des brouillages

Deux éléments importants sont nécessaires pour calculer le brouillage qui affecte une assignation:

– le rapport porteuse/brouillage composite équivalent, $C/I_{eq,\, ag}$, sur la liaison montante et la liaison descendante, respectivement, $C/I_{eq,\, ag,\, up}$, et $C/I_{eq,\, ag,\, dn}$;

– les rapports de protection globaux dans le même canal (ou sur la même fréquence) pour la porteuse utile, PR_{ov}.

Par ailleurs, il faut définir les EPM (voir la Note 1) et l'OEPM.

NOTE 1 – L'EPM est inutile lorsque cette méthode est appliquée au Plan SRS de la Région 2.

3.1 Les premiers éléments (rapports porteuse/brouillage composites équivalents) se calculent comme suit pour la liaison montante et la liaison descendante:

$$C/I_{eq,\, ag,\, up} = \sum_{i=1}^{m} \oplus \left(C/I_{i,\, se,\, up} + D_i(fo_i)\right)$$

$$C/I_{eq,\, ag,\, dn} = \sum_{i=1}^{n} \oplus \left(C/I_{i,\, se,\, dn} + D_i(fo_i)\right)$$

où:

m: nombre de porteuses brouilleuses sur la liaison de connexion

n: nombre de porteuses brouilleuses sur la liaison descendante

fo: décalage de fréquence entre la fréquence centrale de la porteuse utile et la fréquence centrale d'une porteuse brouilleuse, valeur positive ou négative (MHz)

$D(fo)$: différence (dB) entre la valeur appropriée du gabarit de protection en l'absence de décalage de fréquence (valeur centrale à 0 MHz) et la valeur du gabarit avec un décalage de fréquence de fo MHz.

Si la porteuse utile est à modulation numérique, de même que la porteuse brouilleuse, on a: $D(fo) = -I(fo)$, avec $I(fo)$ ($\equiv I(\Delta f)$) défini dans l'Annexe 3 pour le cas d'un canal à fonctionnement linéaire ou non linéaire.

Il faudra encore définir des gabarits appropriés pour d'autres combinaisons de porteuse utile et de porteuse brouilleuse (brouillage d'une porteuse à modulation analogique par une porteuse à modulation numérique). En attendant que ces gabarits soient disponibles, on utilisera le modèle de l'Annexe 1 pour évaluer $D(fo)$.

Sur la base de ces premiers éléments, on peut calculer le rapport: porteuse composite équivalente globale/brouillage, $C/I_{ov,\, eq,\, ag}$, à l'aide de la formule:

$$C/I_{ov,\, eq,\, ag} = C/I_{eq,\, ag,\, up} \oplus C/I_{eq,\, ag,\, dn}$$

3.2 Le second élément important (rapport de protection global, PR_{ov}) est associé au type de porteuse utile.

En plus de ce second élément, on peut définir un rapport de protection sur la liaison de connexion et un rapport de connexion sur la liaison descendante, respectivement, PR_{up} et PR_{dn}. Soit X une augmentation donnée du rapport de protection sur la liaison descendante pour tenir compte du brouillage sur la liaison de connexion, PR_{up} et PR_{dn} sont alors définis comme suit:

$$PR_{dn} = PR_{ov} + X$$

$$PR_{up} = PR_{ov} \copyright PR_{dn}$$

3.3 Définition de EPM_{up}, EPM_{dn} et OEPM

$$OEPM = C/I_{ov,\, eq,\, ag} - PR_{ov}$$

$$EPM_{up} = C/I_{eq,\, ag,\, up} - PR_{up}$$

$$EPM_{dn} = C/I_{eq,\, ag,\, dn} - PR_{dn}$$

ANNEXE 3

Calcul des gabarits de protection pour les brouillages s'exerçant entre divers types de porteuses numériques

1 Description de la méthode

On part de l'hypothèse suivante: pour le calcul des brouillages, la porteuse numérique brouilleuse peut être modélisée par une source de bruit blanc, suivie d'un filtre de mise en forme d'impulsion en racine carrée et cosinus surélevé. Le facteur d'arrondi, α_i, de ce filtre peut être choisi arbitrairement dans l'intervalle $0 \leq \alpha_i \leq 1$, (arrondi compris entre 0% et 100%). La largeur de bande du filtre à 3 dB est spécifiée par le débit des symboles transmis (rapidité de modulation), R_i, pour le signal numérique brouilleur.

Le niveau du brouillage numérique agissant sur le signal numérique utile dépend:

– du décalage de fréquence, Δf, entre le signal utile et le signal brouilleur;

– des caractéristiques du filtre du récepteur;

– des caractéristiques de la voie de transmission qui achemine le signal brouilleur.

Le filtre du récepteur est également modélisé en racine carrée et cosinus surélevé, avec un facteur d'arrondi, α_w, ($0 \leq \alpha_w \leq 1$), la largeur de bande à 3 dB étant spécifiée par le débit de symboles, R_w, du signal utile.

La forte amplification du signal brouilleur entraîne une nouvelle augmentation du lobe latéral spectral. Le brouillage dû aux lobes latéraux est négligeable pour des valeurs peu élevées de Δf, mais devient de plus en plus important à mesure que le décalage de fréquence augmente.

Seuls les deux premiers lobes latéraux doivent être pris en considération. La contribution au brouillage des lobes latéraux d'ordre supérieur est négligeable dans tous les scénarios pratiques de transmission.

Le niveau de chaque lobe latéral est réglé en fonction du lobe spectral principal pour tenir compte des caractéristiques du canal non linéaire. Le niveau relatif de chaque lobe latéral comprend deux éléments L_s et X:

– Une valeur L_s, qui varie en fonction des caractéristiques de non-linéarité de l'amplificateur à grande puissance (HPA, *high power amplifier*) et selon le niveau d'excitation (réduction de puissance) de l'amplificateur. La valeur de L_s est différente pour chaque lobe latéral.

– Une valeur X, qui représente l'effet de filtrage à la sortie de l'amplificateur HPA. On admet par hypothèse que cette valeur d'affaiblissement est la même pour tous les lobes latéraux spectraux. Il s'agit là d'une hypothèse prudente, du fait que le gain du filtre situé en aval de l'amplificateur HPA n'est pas constant, et qu'il décroît à mesure qu'augmente le décalage de fréquence par rapport à la fréquence centrale du canal.

Les paramètres L_s et X s'expriment en décibels.

Les paramètres R_i et R_w s'expriment en Msymboles/s. Les largeurs de bande totales du signal utile et du signal brouilleur sont données respectivement par $R_w(1 + \alpha_w)$ MHz et R_i $(1 + \alpha_i)$ MHz. Le paramètre de différence de fréquence, Δf, s'exprime en MHz. On admet par hypothèse que le brouillage à la sortie du filtre du récepteur a les caractéristiques d'un bruit.

On utilise un algorithme commun pour calculer la puissance du signal utile à l'entrée du récepteur et les contributions du lobe spectral principal et de chacun des lobes latéraux spectraux à la puissance de brouillage. Pour calculer chacune des contributions à la puissance de brouillage, il est procédé comme suit (voir le § 3 pour les définitions des termes utilisés ci-dessous):

a) choisir pour les paramètres d'entrée (R_i, R_w, α_i, α_w, δf, L_s et X) les valeurs appropriées permettant de calculer la contribution à la puissance de brouillage (signal utile, signal brouilleur dans le lobe spectral principal ou signal brouilleur dans le lobe latéral spectral);

b) calculer les neuf couples de limites (U_n, L_n, $n = 1, \ldots, 9$);

c) calculer les cinq composantes de la puissance (C_m, $m = 1, \ldots, 5$);

d) calculer la puissance reçue totale, P:

$$P = 10^{\frac{L_s - X}{10}} \sum_{m=1}^{5} C_m$$

On procède comme suit pour calculer le niveau de la puissance brouilleuse, $I(\Delta f)$, mesurée à la sortie du filtre du récepteur et exprimée par rapport à la puissance de la porteuse utile pour une valeur de $C/I = 0$ dB sur une liaison de référence (égalité des puissances respectives de la porteuse utile et de la puissance brouilleuse).

Etape 1: calcul de la puissance du signal utile, P_w, à la sortie du filtre du récepteur en utilisant l'algorithme ci-dessus et en donnant aux paramètres d'entrée les valeurs suivantes:

$$R_i = R_w, \qquad \alpha_i = \alpha_w, \qquad \delta f = 0, \qquad L_s = 0, \qquad X = 0$$

Etape 2: calcul de la contribution du lobe spectral principal à la puissance du signal brouilleur, P_0, à la sortie du filtre du récepteur en utilisant le même algorithme et en donnant aux paramètres d'entrée les valeurs suivantes:

$$\delta f = \Delta f, \qquad L_s = 0, \qquad X = 0$$

Etape 3: calculer la contribution du premier lobe latéral spectral à la puissance du signal brouilleur, P_1, en choisissant pour les paramètres d'entrée les valeurs suivantes:

$$\delta f = |\Delta f| - R_i, \qquad L_s = L_1 \neq 0, \qquad X \neq 0$$

La valeur de L_s dépend des caractéristiques de non-linéarité de l'amplificateur HPA et du niveau d'excitation de celui-ci. La valeur de X dépend des caractéristiques d'affaiblissement hors bande du filtre situé en aval de l'amplificateur HPA.

Etape 4: calculer la contribution du deuxième lobe latéral spectral à la puissance du signal brouilleur, P_2, en choisissant pour les paramètres d'entrée les valeurs suivantes:

$$\delta f = |\Delta f| - 2R_i, \qquad L_s = L_2 \neq L_1 \neq 0, \qquad X \neq 0$$

La valeur de L_s dépend, là encore, des caractéristiques de non-linéarité de l'amplificateur HPA et du niveau d'excitation de celui-ci. La valeur de X est la même que dans l'Etape 3.

Etape 5: calculer la puissance brouilleuse relative pour les valeurs données des paramètres du signal et du décalage de fréquence:

$$I(\Delta f) = 10 \log \left(\frac{P_0 + P_1 + P_2}{P_w} \right) \qquad \text{dB}$$

2 Exemple de calcul d'un gabarit de protection

A titre d'exemple (arbitraire), on admet que les paramètres du signal utile et du signal brouilleur sont les suivants:

Signal numérique utile:

Débit de symboles, $R_w = 27{,}5$ Msymboles/s

Facteur d'arrondi, $\alpha_w = 0{,}35$ (arrondi en cosinus à 35%).

Signal numérique brouilleur:

Débit de symboles, $R_i = 27{,}5$ Msymboles/s

Facteur d'arrondi, $\alpha_i = 0{,}35$ (arrondi en cosinus à 35%).

Niveau dans les lobes latéraux:

Niveau dans le premier lobe latéral, $L_{s1} = -17{,}0$ dB

Niveau dans le second lobe latéral, $L_{s2} = -27{,}5$ dB.

Filtrage en aval de l'amplificateur HPA:

Affaiblissement dans les lobes latéraux, $X_f = 12{,}0$ dB.

On suppose que le décalage de fréquence entre le signal utile et le signal brouilleur, Δf, est égal à 38,36 MHz. On procède comme suit pour appliquer la méthode de calcul décrite au § 1 et détaillée au § 3 de la présente Annexe:

Etape 1: calculer la puissance du signal utile, P_w, à la sortie du filtre du récepteur:

$R_i = R_w, \quad \alpha_i = \alpha_w, \quad L_s = 0, \quad X = 0, \quad \delta f = 0$

$L_1 = U_8 = U_9 = -8,937$

$U_1 = L_2 = U_2 = L_3 = U_3 = L_4 = U_4 = L_5 = U_5 = L_6 = L_7 = L_8 = L_9 = 8,937$

$U_6 = U_7 = 18,563$

$C_1 = 0,825, \quad C_2 = 0, \quad C_3 = 0, \quad C_4 = 0,088, \quad C_5 = 0$

$P_w = 0,913$

Etape 2: calculer la puissance du signal brouilleur, P_0, due au lobe spectral principal, à la sortie du filtre du récepteur:

$L_s = 0, \quad X = 0, \quad \delta f = \Delta f$

$L_1 = L_3 = L_4 = 29,422, \quad U_1 = L_2 = L_5 = L_7 = 8,937, \quad L_6 = L_9 = 47,297, \quad L_8 = -18,563$

$U_9 = -8,937, \quad U_2 = U_5 = -29,422, \quad U_3 = U_4 = U_6 = 18,563, \quad U_7 = U_8 = -19,797$

$C_1 = 0, \quad C_2 = 0, \quad C_3 = 0, \quad C_4 = 0, \quad C_5 = 0$

$P_0 = 0$

Etape 3: calculer la puissance du signal brouilleur, P_1, due au premier lobe latéral spectral, à la sortie du filtre du récepteur:

$L_s = L_{s1}, \quad X = X_f, \quad \delta f = |\Delta f| - R_i$

$L_1 = 1,923, \quad U_1 = L_2 = L_3 = L_4 = L_5 = L_7 = 8,937, \quad U_2 = U_5 = L_8 = -1,923$

$U_3 = U_4 = U_6 = 18,563, \quad L_6 = L_9 = 19,797, \quad U_7 = 7,703, \quad U_8 = U_9 = -8,937$

$C_1 = 0,605, \quad C_2 = 0, \quad C_3 = 0, \quad C_4 = 0, \quad C_5 = 0$

$P_1 = 7,618 \times 10^{-4}$

Etape 4: calculer la puissance du signal brouilleur, P_2, due au second lobe latéral spectral, à la sortie du filtre du récepteur:

$L_s = L_{s2}, \quad X = X_f, \quad \delta f = |\Delta f| - 2R_i$

$L_1 = U_8 = U_9 = -8,937, \quad U_1 = U_3 = U_4 = L_9 = -7,703, \quad L_2 = L_3 = L_4 = L_5 = L_6 = 8,937$

$U_2 = U_5 = U_7 = 18,563, \quad L_7 = L_8 = 25,578, \quad U_6 = 1,922$

$C_1 = 0,395, \quad C_2 = 0, \quad C_3 = 0, \quad C_4 = 0, \quad C_5 = 0$

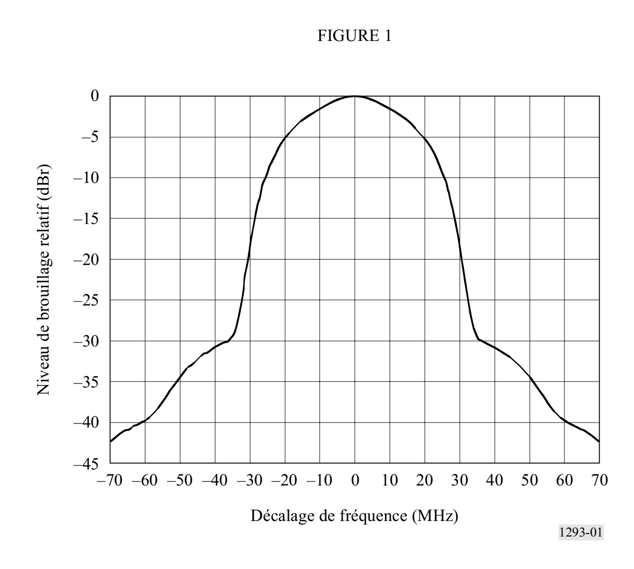
$P_2 = 4,431 \times 10^{-5}$

Etape 5: Calculer la puissance de brouillage totale par rapport à la puissance du signal utile:

$$I(\Delta f) = -30{,}5$$

En procédant ainsi pour une série de valeurs du décalage de fréquence, on obtient le gabarit de protection reproduit à la Fig. 1, à titre d'exemple.

FIGURE 1



3 Algorithmes: calcul de la puissance du signal reçu (utile ou brouilleur)

3.1 Limites

$A = (1 - \alpha_w)\,\dfrac{R_w}{2}$ $B = (1 + \alpha_w)\,\dfrac{R_w}{2}$ $C = (1 - \alpha_i)\,\dfrac{R_i}{2}$ $D = (1 + \alpha_i)\,\dfrac{R_i}{2}$

$L_1 = max\,(-A;\ \delta f - C)$ $L_4 = max\,(A;\ \delta f - C)$ $L_7 = max\,(A;\ -\delta f + C)$

$U_1 = min\,(A;\ \delta f + C)$ $U_4 = min\,(B;\ \delta f + C)$ $U_7 = min\,(B;\ -\delta f + D)$

$L_2 = max\,(-A - \delta f;\ C)$ $L_5 = max\,(A;\ -\delta f - C)$ $L_8 = max\,(-B;\ -\delta f + C)$

$U_2 = min\,(A - \delta f;\ D)$ $U_5 = min\,(B;\ -\delta f + C)$ $U_8 = min\,(-A;\ -\delta f + D)$

$L_3 = max\,(-A + \delta f;\ C)$ $L_6 = max\,(A;\ \delta f + C)$ $L_9 = max\,(-B;\ \delta f + C)$

$U_3 = min\,(A + \delta f;\ D)$ $U_6 = min\,(B;\ \delta f + D)$ $U_9 = min\,(-A;\ \delta f + D)$

NOTE 1:

max (*a*; *b*): valeur maximale de *a* et *b*

min (*a*; *b*): valeur minimale de *a* et *b*

δf = fréquence du signal brouilleur – fréquence du signal utile.

3.2 Fonctions

Quand $1 \le n \le 3$:

$$p_n(a,b) = f_n(a) - f_n(b) \quad \text{pour } a > b$$
$$= 0 \quad \text{pour } a \le b$$

$$f_1(x) = \left(\frac{x}{R_i}\right) \qquad f_2(x) = \frac{\alpha_i}{2\pi}\cos\left(\frac{\pi}{2}\frac{2x - R_i}{\alpha_i R_i}\right) \qquad f_3(x) = \frac{\alpha_w R_w}{2\pi R_i}\cos\left(\frac{\pi}{2}\frac{2x - R_w}{\alpha_w R_w}\right)$$

Quand $4 \le n \le 5$:

$$p_n(a,b,\delta f) = f_n(a,\delta f) - f_n(b,\delta f) \quad \text{pour } a > b$$
$$= 0 \quad \text{pour } a \le b$$

$$f_4(x,y) = f_{4a}(x,y) \quad \text{pour } \alpha_w R_w = \alpha_i R_i \qquad f_5(x,y) = f_{5a}(x,y) \quad \text{pour } \alpha_w R_w = \alpha_i R_i$$
$$= f_{4b}(x,y) \quad \text{pour } \alpha_w R_w \ne \alpha_i R_i \qquad = f_{5b}(x,y) \quad \text{pour } \alpha_w R_w \ne \alpha_i R_i$$

$$f_{4a}(x,y) = \frac{1}{16\pi R_i}\left(2\pi\, x \cos\left(\frac{\pi}{2}\,\frac{2y + R_i - R_w}{\alpha_i R_i}\right) - \alpha_i R_i \sin\left(\frac{\pi}{2}\frac{4x - 2y - R_i - R_w}{\alpha_i R_i}\right)\right)$$

$$f_{4b}(x,y) = \frac{\alpha_i \alpha_w R_w}{4\pi\left(\alpha_i^2 R_i^2 - \alpha_w^2 R_w^2\right)}\left(\alpha_i R_i \cos\left(\frac{\pi}{2}\frac{2x - R_w}{\alpha_w R_w}\right)\sin\left(\frac{\pi}{2}\frac{2y - 2x + R_i}{\alpha_i R_i}\right) + \alpha_w R_w \sin\left(\frac{\pi}{2}\frac{2x - R_w}{\alpha_w R_w}\right)\cos\left(\frac{\pi}{2}\frac{2y - 2x + R_i}{\alpha_i R_i}\right)\right)$$

$$f_{5a}(x,y) = \frac{1}{16\pi R_i}\left(\alpha_i R_i \sin\left(\frac{\pi}{2}\frac{4x - 2y - R_i + R_w}{\alpha_i R_i}\right) - 2\pi\, x \cos\left(\frac{\pi}{2}\frac{2y + R_i + R_w}{\alpha_i R_i}\right)\right)$$

$$f_{5b}(x,y) = \frac{\alpha_i \alpha_w R_w}{4\pi\left(\alpha_i^2 R_i^2 - \alpha_w^2 R_w^2\right)}\left(\alpha_i R_i \cos\left(\frac{\pi}{2}\frac{2x + R_w}{\alpha_w R_w}\right)\sin\left(\frac{\pi}{2}\frac{2x - 2y - R_i}{\alpha_i R_i}\right) - \alpha_w R_w \sin\left(\frac{\pi}{2}\frac{2x + R_w}{\alpha_w R_w}\right)\cos\left(\frac{\pi}{2}\frac{2x - 2y - R_i}{\alpha_i R_i}\right)\right)$$

3.3 Composantes de la puissance

$$C_1 = p_1(U_1, L_1) + \frac{1}{2}\sum_{n=2}^{5} p_1(U_n, L_n) + \frac{1}{4}\sum_{n=6}^{9} p_1(U_n, L_n)$$

$$C_2 = p_2(U_2, L_2) + p_2(U_3, L_3) + \frac{1}{2}\left[p_2(U_6 - \delta f, L_6 - \delta f) + p_2(U_7 + \delta f, L_7 + \delta f) + p_2(U_8 + \delta f, L_8 + \delta f) + p_2(U_9 - \delta f, L_9 - \delta f)\right]$$

$$C_3 = p_3(U_4, L_4) + p_3(U_5, L_5) + \frac{1}{2}\left[p_3(U_6, L_6) + p_3(U_7, L_7) + p_3(-L_8, -U_8) + p_3(-L_9, -U_9)\right]$$

$$C_4 = p_4(U_6, L_6, \delta f) + p_4(U_7, L_7, -\delta f)$$

$$C_5 = p_5(U_8, L_8, -\delta f) + p_5(U_9, L_9, \delta f)$$

3.4 Puissance totale du signal reçu

$$\text{Puissance} = 10^{\frac{L_s - X}{10}} \sum_{m=1}^{5} C_m$$

APPENDICE 1

À L'ANNEXE 3

Notification des paramètres associés aux émissions numériques

Pour appliquer la méthode décrite dans l'Annexe 3, pour le calcul des gabarits de protection concernant les brouillages entre émissions numériques, il est nécessaire de notifier des paramètres associés à chaque émission numérique. Ces paramètres sont les suivants:

– le type de modulation numérique (cette méthode s'applique exclusivement aux signaux modulés par déplacement de phase);
– le débit des symboles transmis (Msymboles/s);
– le facteur d'arrondi du filtre de mise en forme d'impulsion numérique (il s'agit, par hypothèse, d'un filtre à arrondi en cosinus ou d'une approximation d'un tel filtre), le facteur est compris entre 0 et 1;
– les niveaux relatifs dans les premier et second lobes latéraux, L_{s1} et L_{s2} (dB);
– l'affaiblissement dans les lobes latéraux, X (dB), résultant du filtrage en aval de l'amplificateur HPA.

Les trois premiers paramètres sont déjà requis dans l'Appendice 4 du RR. Il est recommandé qu'une future Conférence compétente ajoute les deux derniers paramètres dans la liste des paramètres à fournir au titre de l'Appendice 4 du RR.

La plupart des porteuses de télévision numérique de liaison descendante occupent toute la largeur de bande du répéteur et celui-ci fonctionne à saturation à puissance maximale sur la liaison descendante. Des études ont montré que, dans ces conditions, les niveaux relatifs appropriés dans les lobes latéraux sont respectivement de –18 dB et –30 dB. En outre, un filtrage de la porteuse par un multiplexeur de sortie étant toujours assuré à la sortie de l'amplificateur HPA de bord (amplificateur à tube à ondes progressives (ATOP)), le paramètre X a une valeur autre que 0. La valeur précise de X variera d'un système à un autre. Une valeur de 12 dB semble constituer une valeur minimale modérée que devraient dépasser tous les nouveaux systèmes mettant en œuvre des canaux copolaires contigus.

En ce qui concerne les liaisons montantes, il n'y a généralement pas de filtre en aval de l'amplificateur HPA mais celui-ci fonctionne avec une réduction de puissance visant à limiter les niveaux dans les lobes latéraux en dehors de la bande. Des niveaux de –29 dB et –39,5 dB ne paraissent guère devoir être dépassés dans les lobes latéraux sur les liaisons de connexion aux systèmes du SRS.

RECOMMANDATION UIT-R S.1340*,**

Partage entre les liaisons de connexion (Terre-espace) du service mobile par satellite et le service de radionavigation aéronautique dans la bande 15,4-15,7 GHz

(Question UIT-R 243/4)

(1997)

L'Assemblée des radiocommunications de l'UIT,

considérant

a) qu'aux termes de la Résolution 117 (CMR-95) de la Conférence mondiale des radiocommunications (Genève, 1995), l'UIT-R est invité à étudier les conditions de partage entre les liaisons de connexion (Terre-espace) du service mobile par satellite (SMS) et le service de radionavigation aéronautique dans la bande 15,45-15,65 GHz;

b) que la bande 15,4-15,7 GHz est attribuée au service de radionavigation aéronautique à titre primaire, et que le numéro S4.10 du Règlement des radiocommunications (RR) s'applique;

c) que la CMR-95 a ajouté une attribution au service fixe par satellite (SFS) dans la bande 15,45-15,65 GHz, pour les liaisons de connexion (Terre-espace) de réseaux SMS à satellites non géostationnaires (non OSG);

d) que les besoins de liaisons de connexion (Terre-espace) des systèmes SMS non OSG doivent être satisfaits dans cette bande;

e) que les signaux émis par les stations du service de radionavigation aéronautique peuvent causer des brouillages inacceptables aux satellites;

f) que les administrations exploitant des stations relevant du service de radionavigation aéronautique sont instamment priées de limiter la valeur moyenne de p.i.r.e. à 42 dBW afin de limiter les brouillages occasionnés aux satellites non géostationnaires, cette valeur étant sujette à réexamen et étude de la part de l'UIT-R (voir le numéro S5.511C du RR);

g) que la coordination des émissions des stations de radionavigation aéronautique et des stations spatiales de liaison de connexion n'est pas considérée comme réalisable dans la pratique;

h) que la propagation, à la surface de la Terre, des signaux émis par les stations terriennes de liaison de connexion peuvent causer aux stations de radionavigation aéronautique des brouillages inacceptables;

j) que certaines limites ont été imposées au service fixe par satellite pour la protection du service de radionavigation aéronautique, conformément au numéro S5.511C du RR;

k) que les stations aéroportées, les stations terrestres et les stations embarquées du service de radionavigation aéronautique utilisent cette bande de façon relativement intensive;

l) que les stations d'aéronef ne sont pas autorisées à émettre dans la bande 15,45-16,45 GHz, conformément au numéro S5.511B du RR;

---

* Cette Recommandation doit être portée à l'attention de la Commission d'études 8 des radiocommunications.

** La Commission d'études 4 des radiocommunications a apporté des modifications rédactionnelles à cette Recommandation en 2001 conformément aux dispositions de la Résolution UIT-R 44 (AR-2000).

m) que les caractéristiques techniques et opérationnelles des stations de radionavigation aéronautique sont assez bien connues;

n) que les caractéristiques techniques et opérationnelles des liaisons de connexion ne sont pas bien définies;

o) qu'il est nécessaire d'établir des méthodes de détermination des distances de coordination et de séparation requises entre stations terriennes de liaison de connexion et stations de radionavigation aéronautique afin de protéger les stations de radionavigation aéronautique;

p) que des études ont déjà été consacrées aux questions qui précèdent,

recommande

1 de limiter les liaisons de connexion du SMS à la bande 15,43-15,63 GHz (Note 1);

2 de faire en sorte que les émissions, exprimées en p.i.r.e. équivalente (E_{eff}), des stations de radionavigation aéronautique ne dépassent pas les valeurs suivantes:

2.1 pour les systèmes d'atterrissage d'aéronefs et les liaisons de connexion présentant une largeur de bande supérieure à 3 MHz:

$$E_{eff} = \begin{cases} 53 & \text{dBW} \quad \text{pour} \quad 0 \le \varphi < 8 \\ 53 - 0{,}833\,(\varphi - 8) & \text{dBW} \quad \text{pour} \quad 8 \le \varphi < 14 \\ 48 & \text{dBW} \quad \text{pour} \quad 14 \le \varphi < 32 \\ 48 - 9\,(\varphi - 32) & \text{dBW} \quad \text{pour} \quad 32 \le \varphi < 34 \\ 30 & \text{dBW} \quad \text{pour} \quad 34 \le \varphi < 40 \\ 30 - 0{,}2\,(\varphi - 40) & \text{dBW} \quad \text{pour} \quad 40 \le \varphi \le 90 \end{cases}$$

2.2 pour les radars polyvalents d'aéronef et les liaisons de connexion présentant une largeur de bande supérieure à 1 MHz:

$$E_{eff} = \begin{cases} 62 & \text{dBW} \quad \text{pour} \quad 0 \le \varphi < 20 \\ 62 - 0{,}56\,(\varphi - 20)^2 & \text{dBW} \quad \text{pour} \quad 20 \le \varphi < 25 \\ 48 & \text{dBW} \quad \text{pour} \quad 25 \le \varphi < 29 \\ 71{,}86 - 25 \log\,(\varphi - 20) & \text{dBW} \quad \text{pour} \quad 29 \le \varphi < 68 \\ 29{,}8 & \text{dBW} \quad \text{pour} \quad 68 \le \varphi \le 90 \end{cases}$$

où:

$$E_{eff} = E_p - 15 \log (1 + 5/PW) \qquad \text{dBW}$$

E_{eff}: valeur de p.i.r.e. occasionnant le même niveau de brouillage, pour un signal à modulation de phase, qu'un signal de pseudo-bruit continu

E_p: valeur impulsionnelle de p.i.r.e. de crête (dBW) de la station de radionavigation aéronautique

PW: durée (μs) des impulsions émises par la station de radionavigation aéronautique

φ: angle d'élévation (degrés) par rapport au plan de l'horizon;

3 de faire en sorte que les liaisons de connexion (Terre-espace) puissent, par conception, fonctionner dans les conditions de brouillage définies au § 2;

4 de considérer que, dans les conditions définies aux § 2 et 3, la coordination des émissions des stations de radionavigation aéronautique et des stations de réception des réseaux à satellites n'est pas requise;

5 de faire en sorte que la p.i.r.e. rayonnée vers le plan de l'horizon local par une station terrienne de liaison de connexion ne dépasse pas 54 dB(W/MHz) (Note 2);

6 de faire en sorte que les radars de surface décrits à l'Annexe 1 ne soient pas exploités dans la bande 15,43-15,63 GHz;

7 de considérer que les distances de coordination requises pour protéger les stations de radionavigation aéronautique contre tout brouillage inacceptable émanant d'une station terrienne de liaison de connexion s'établissent comme suit:

– 515 km à partir de l'aire d'atterrissage pour les systèmes d'aide à l'atterrissage des aéronefs (ALS);
– 600 km à partir d'un aéronef équipé d'un radar d'aéronef multifonctions (MPR);
– 270 km à partir de l'aire d'atterrissage pour les systèmes radars de détection et de mesure;

8 de tenir compte des informations complémentaires rassemblées dans les Annexes 1, 2 et 3.

NOTE 1 – La bande de fréquences dont il est question au § 1 diffère légèrement de la bande attribuée par la CMR-95. Il est recommandé d'adopter la première pour faciliter le partage entre les liaisons de connexion SMS non OSG et le service de radionavigation aéronautique. Le § 1 sera revu ultérieurement en fonction des résultats d'une future CMR.

NOTE 2 – On pourra soumettre les liaisons de connexion SMS (Terre-espace) à d'autres contraintes de conception et d'exploitation afin de tenir compte des niveaux seuils, applicables au service de radioastronomie, spécifiés dans la Recommandation UIT-R RA.769.

ANNEXE 1

Systèmes de radionavigation aéronautique dans la bande 15,4-15,7 GHz

1 Radars de surface

Les radars de surface, installés à terre ou embarqués à bord de navires, sont utilisés pour la détection, la localisation et le suivi du mouvement des aéronefs et des véhicules de surface utilisés dans les aéroports et sur tout type de terrain d'atterrissage.

1.1 Diagrammes d'antenne

– Ouverture de faisceau nominale à 3 dB: <3,5° dans le plan vertical, cosécante inversée à –31°
  0,35° dans le plan horizontal
– Gamme de fréquences: 15,65-16,7 GHz
– Polarisation: circulaire
– Gain type: 43 dBi
– Niveau maximal des lobes latéraux: 25 dB en-dessous du gain de crête
– Niveau maximal des lobes arrière: 35 dB en-dessous du gain de crête
– Plage d'inclinaison dans le plan vertical: ±1,5°
– Plage maximale de balayage dans le plan horizontal: 360°.

1.1.1 Diagramme d'enveloppe de gain d'antenne en élévation

Sur la base des données mesurées et des spécifications de niveau des lobes latéraux, le gain de crête étant orienté à +1,5°, on définit comme suit le diagramme d'enveloppe de gain en élévation, dans lequel φ représente l'angle d'élévation (degrés):

$$G(\varphi) = \begin{cases} 43 & \text{dBi} \quad \text{pour} \quad 0 \le \varphi < 4 \\ 43 - 5\,(\varphi - 4) & \text{dBi} \quad \text{pour} \quad 4 \le \varphi < 9 \\ 18 & \text{dBi} \quad \text{pour} \quad 9 \le \varphi < 16 \\ 43{,}2 - 21 \log \varphi & \text{dBi} \quad \text{pour} \quad 16 \le \varphi < 48 \\ 8 & \text{dBi} \quad \text{pour} \quad 48 \le \varphi \le 90 \end{cases}$$

1.1.2 Diagramme d'enveloppe de gain en azimut

Sur la base des données mesurées et des spécifications de niveau des lobes latéraux, on définit de même un diagramme de gain en azimut, dans lequel φ correspond à l'azimut relatif (degrés):

$$G(\varphi) = \begin{cases} 43 - 110\,\varphi^2 & \text{dBi} \quad \text{pour} \quad 0 \le \varphi < 0{,}4767 \\ 18 & \text{dBi} \quad \text{pour} \quad 4{,}4767 \le \varphi < 0{,}72 \\ 17{,}07 - 6{,}5 \log \varphi & \text{dBi} \quad \text{pour} \quad 0{,}72 \le \varphi < 48 \\ 8 & \text{dBi} \quad \text{pour} \quad 48 \le \varphi \le 180 \end{cases}$$

1.2 Autres caractéristiques

1.2.1 Emission

- p.i.r.e. de crête: 86 dBW
- Fréquence de récurrence des impulsions: 8 192 Hz
- Durée des impulsions: 0,04 µs
- Largeur de bande des impulsions à 3,5 dB: 25 MHz.

1.2.2 Réception

- Gain d'antenne type: 43 dBi
- Facteur de bruit type: 6,2-6,9 dB.

2 Systèmes d'aide à l'atterrissage des aéronefs (ALS)

Les ALS sont des systèmes multifonctions utilisés à bord des navires, à terre, sous forme d'équipements portatifs ou d'installations permanentes ou enfin pour l'atterrissage des navettes spatiales. Le système d'atterrissage à faisceaux battants hyperfréquences (MSBLS) est un de ces systèmes. Certaines de leurs caractéristiques varient en fonction de leurs applications spécifiques.

2.1 Diagrammes d'antenne de station de surface

Les diagrammes d'antenne sont similaires pour toutes les applications, y compris pour le MSBLS. Les plages de balayage angulaire varient selon l'application mais celles qui sont indiquées ci-après couvrent la totalité des applications.

Le système d'antenne d'un ALS se compose d'une antenne d'élévation et d'une antenne d'azimut.

La partie d'antenne d'élévation de l'ALS permet de communiquer à l'aéronef des données de valeur angulaire verticale:

– ouverture nominale du faisceau à 3 dB: 1,3° dans le plan vertical
  40° dans le plan horizontal
– gamme de fréquences: 15,4-15,7 GHz
– polarisation: horizontale et verticale
– gain type: 28 dBi
– niveau maximal des lobes secondaires: 17 dB au-dessous de la valeur de crête dans les deux plans
– débattement angulaire vertical maximal: 0° à 30°.

L'antenne d'azimut de l'ALS, quant à elle, permet de communiquer à l'aéronef des informations d'azimut.

– ouverture nominale du faisceau à 3 dB: 2,0° dans le plan horizontal
  6,5° dans le plan vertical
– par altération, on fait en sorte que le diagramme vertical donne au moins 20 dBi de gain à 20° au-dessus de l'horizon
– gamme de fréquences: 15,4-15,7 GHz
– polarisation: horizontale et verticale
– gain type: 33 dBi
– niveau maximal des lobes secondaires: 17 dB au-dessous de la valeur de crête dans les deux plans
– débattement angulaire horizontal maximal: ±35°.

2.1.1 Diagramme d'enveloppe combiné en élévation

On définit comme suit un diagramme de gain d'enveloppe verticale combiné sur la base des données mesurées, où φ désigne l'angle d'élévation (degrés):

$$G(\varphi) = \begin{cases} 33 & \text{dBi} \quad \text{pour} \quad 0 \le \varphi < 8 \\ 33 - 0{,}833\,(\varphi - 8) & \text{dBi} \quad \text{pour} \quad 8 \le \varphi < 14 \\ 28 & \text{dBi} \quad \text{pour} \quad 14 \le \varphi < 32 \\ 28 - 9\,(\varphi - 32) & \text{dBi} \quad \text{pour} \quad 32 \le \varphi < 34 \\ 10 & \text{dBi} \quad \text{pour} \quad 34 \le \varphi < 40 \\ 10 - 0{,}2\,(\varphi - 40) & \text{dBi} \quad \text{pour} \quad 40 \le \varphi \le 90 \end{cases}$$

2.1.2 Diagrammes d'antenne en azimut

Le diagramme d'enveloppe en azimut de l'antenne d'élévation est défini comme suit, φ étant l'angle d'azimut relatif (degrés):

$$G(\varphi) = \begin{cases} 28 - 0{,}0062\,\varphi^2 & \text{dBi} \quad \text{pour} \quad 0 \le \varphi < 70 \\ -2{,}37 & \text{dBi} \quad \text{pour} \quad 70 \le \varphi \le 180 \end{cases}$$

Enfin, le diagramme d'enveloppe en azimut de l'antenne d'azimut est défini comme suit, φ étant l'angle d'azimut relatif (degrés):

$$G(\varphi) = \begin{cases} 33 - 2\,\varphi^2 & \text{dBi} \quad \text{pour} \quad 0 \le \varphi < 3 \\ 15 & \text{dBi} \quad \text{pour} \quad 3 \le \varphi < 5 \\ 32{,}5 - 25 \log \varphi & \text{dBi} \quad \text{pour} \quad 5 \le \varphi < 48 \\ -9{,}53 & \text{dBi} \quad \text{pour} \quad 48 \le \varphi \le 180 \end{cases}$$

2.2 Autres caractéristiques

2.2.1 Emission

– p.i.r.e. de crête: 71 dBW
– Fréquence de récurrence des impulsions: 3 334 Hz
– Durée des impulsions: 0,333 µs
– Largeur de bande des impulsions à 3,5 dB: 3 MHz.

2.2.2 Réception

– Gain d'antenne type: 8 dBi
– Facteur de bruit type: 8 dB.

3 Radars d'aéronef multifonctions (MPR)

Un radar d'aéronef multifonctions est un radar assurant des fonctions de radionavigation, de radiolocalisation et de météorologie.

3.1 Diagrammes d'antenne

L'antenne est une parabole d'environ 0,3 m de diamètre, à balayage vertical et horizontal compte tenu du cap et de l'attitude de l'aéronef:

– ouverture nominale du faisceau à 3 dB: 4,5°
– gamme de fréquences: 15,4-15,7 GHz
– polarisation: verticale
– gain type: 30 dBi
– débattement angulaire horizontal maximal: ±45°
– débattement angulaire vertical maximal: ±20°.

Le diagramme d'enveloppe de l'antenne est défini comme suit, φ étant l'angle d'azimut relatif (degrés):

$$G(\varphi) = \begin{cases} 30 & \text{dBi} \quad \text{pour} \quad 0 \le \varphi < 20 \\ 30 - 0{,}56\,(\varphi - 20)^2 & \text{dBi} \quad \text{pour} \quad 20 \le \varphi < 25 \\ 16 & \text{dBi} \quad \text{pour} \quad 25 \le \varphi < 29 \\ 39{,}86 - 25 \log (\varphi - 20) & \text{dBi} \quad \text{pour} \quad 29 \le \varphi < 68 \\ -2{,}17 & \text{dBi} \quad \text{pour} \quad 68 \le \varphi \le 180 \end{cases}$$

3.2 Autres caractéristiques

3.2.1 Emission

- p.i.r.e. de crête: 70 dBW
- Fréquence de récurrence des impulsions: 800 Hz
- Durée des impulsions: 2 μs
- Largeur de bande des impulsions à 3,5 dB: 0,5 MHz.

3.2.2 Réception

- Gain d'antenne type: 30 dBi
- Facteur de bruit type: 8 dB.

4 Système radar de détection et de mesure

Les techniques de mesure par système radar à 15 GHz sont particulièrement bien adaptées aux petits aéronefs, notamment aux hélicoptères, car de tels systèmes offrent divers avantages: compacité, légèreté, bonne directivité d'antenne, qualité de fonctionnement largement suffisante pour un grand nombre d'applications de radionavigation opérationnelle qui ne seraient pas envisageables à des fréquences inférieures pour diverses raisons, notamment de propagation. Pour les mesures d'altitude, cette bande de fréquences relativement élevée est particulièrement intéressante sur le plan de la conception des systèmes, grâce notamment au couplage plus faible et à l'absence d'effets de triangulation, ce qui est particulièrement important lorsque l'on cherche à obtenir des mesures précises avec une très bonne résolution (de l'ordre du mètre). D'ailleurs, dans certaines applications, cette bande de fréquences offre la seule solution techniquement viable.

Les systèmes faisant intervenir ces techniques sont largement utilisés dans certaines parties du monde où ils contribuent fortement à la sécurité des aéronefs. La mesure de l'altitude et l'existence de zones dégagées correspondent à l'un des paramètres les plus critiques dans l'exploitation d'un aéronef lorsque cette mesure sert à faciliter les étapes finales des atterrissages. Une haute précision et l'absence de brouillage sont des éléments vitaux permettant d'assurer le bon comportement des aéronefs et d'améliorer la sûreté de ce comportement.

Les systèmes radars de détection et de mesure sont surtout utilisés dans les phases de vol à basse altitude (altitude relative d'environ 1 500 m). Dans la grande majorité des applications, le système fait intervenir une antenne fonctionnant en émission-réception verticale vers le bas. Pour réduire les effets de diffusion et autres effets nuisibles, on fait intervenir une commande de réduction de puissance en fonction de l'altitude-sol.

4.1 Caractéristiques des systèmes radars de détection et de mesure

4.1.1 Emetteur

- Gamme de fréquences: 15,63-15,65 GHz
- Puissance de crête: 30 dBmW
- Gain d'antenne: 13 dBi, niveau des lobes arrière < 5 dBi
- Fréquence de récurrence des impulsions: 58 kHz
- Durée (maximale) des impulsions: 500 ns
- Coefficient d'utilisation (maximal): 3%
- Largeur de bande des impulsions à 3,5 dB: 2 MHz.

4.1.2 Récepteur

– Gain d'antenne: 13 dBi, niveau des lobes arrière < 5 dBi
– Facteur de bruit: 6 dB.

ANNEXE 2

Critères d'émission applicables au service de radionavigation aéronautique et possibilités de partage avec les liaisons de connexion (Terre-espace) du SMS dans la bande 15,4-15,7 GHz

1 Introduction

L'une des méthodes de base qui permettent de protéger des satellites non OSG contre tout brouillage inacceptable consiste à définir des limites maximales de p.i.r.e. rayonnée par les stations de radionavigation aéronautique et des limites de p.i.r.e. minimales applicables aux émissions des stations terriennes de liaison de connexion.

On peut aussi se contenter de fixer des limites de valeur de p.i.r.e. maximale applicables aux stations de radionavigation aéronautique pour définir les conditions de brouillage dans lesquelles les liaisons de connexion doivent pouvoir fonctionner correctement. Cette seconde solution semble plus intéressante en ce sens qu'elle est plus simple et qu'elle autorise une liberté maximale au niveau de la conception et de l'exploitation des liaisons de connexion. C'est précisément cette approche qui fait l'objet des paragraphes suivants.

L'une et l'autre méthodes représentent des moyens efficaces de supprimer la nécessité de la coordination. En l'occurrence, la coordination n'est pas envisageable dans la pratique.

2 Caractéristiques des systèmes de radionavigation aéronautique

On a recensé plusieurs systèmes qui fonctionnent dans cette bande. Ils comprennent les radars de surface, installés à terre ou embarqués à bord de navire, utilisés pour la détection, la localisation et le suivi du mouvement des aéronefs et des autres véhicules sur tout type d'atterrissage, des ALS, des MPR aéroportés et enfin des systèmes radars de détection et de mesure. Les diagrammes d'antenne de ces systèmes sont un élément important dans la détermination de la p.i.r.e. en fonction de l'angle d'élévation. On trouvera à l'Annexe 1 les diagrammes de gain d'enveloppe d'antenne et les autres caractéristiques pertinentes.

3 Analyses

3.1 Brouillages impulsionnels causés sur des porteuses numériques

Le Groupe d'action 4/4 a étudié les brouillages causés par des radars sur des porteuses numériques. Des mesures ont été effectuées pour une large gamme de fréquences de récurrence des impulsions (PRF) (1-100 kHz) et de facteurs d'utilisation, *d*, (0,01%-100%) pour ce qui est des radars, avec des débits de données compris entre 2 et 45 Mbit/s, les porteuses numériques considérées étant des systèmes MDP-4 à débit 3/4 et correction d'erreur directe (CED) fonctionnant avec un taux d'erreur binaire (TEB) de 1×10^{-6}. On a défini ainsi empiriquement, à partir des données de mesure, une

équation permettant d'établir une liaison entre la p.i.r.e. de crête des impulsions radars, E_p, et une valeur de p.i.r.e. effective, E_{eff}, correspondant à la p.i.r.e. qui causerait un brouillage de même niveau (voir la Recommandation UIT-R S.1068). La p.i.r.e. effective moyenne, E_{ave}, est égale au produit de la p.i.r.e. de crête et du facteur d'utilisation. Dans ces conditions, l'équation empirique s'écrit:

$$E_{eff} = E_{ep} - 15 \log (1 + 0{,}5(PRF/d)) \qquad \text{dBW} \qquad (1)$$

dans laquelle PRF est exprimé en hertz et d en pourcentage.

Du fait que la largeur de l'impulsion, PW, est égale à d/PRF, l'équation (1) peut s'écrire:

$$E_{eff} = E_{ep} - 15 \log (1 + 5/PW) \qquad \text{dBW} \qquad (2)$$

dans laquelle PW est exprimé en microsecondes.

Avec une fonction de densité spectrale de puissance de forme $[(\sin x)/x]^2$, la densité de puissance de crête est supérieure d'environ 3,5 dB à la moyenne de la densité de puissance pour une largeur de bande de $2/PW$. La largeur de bande à 3,5 dB (MHz) est d'environ $1/PW$. Ainsi, la densité de p.i.r.e. effective, E_{eff}/MHz, des largeurs de bande (MHz) de porteuse de liaison de connexion inférieures à $1/PW$ s'écrit:

$$E_{eff}/\text{MHz} = E_p - 10 \log (2/PW) + 3{,}5 - 15 \log (1 + 5/PW) \qquad \text{dBW} \qquad (3)$$

tandis que, lorsque la largeur de bande est égale ou supérieure à $1/PW$, la moyenne du paramètre, E_{eff}/MHz, sur la largeur de bande considérée devient:

$$E_{eff}/\text{MHz} = E_p - 10 \log (2/PW) + 3{,}5 - 15 \log (1 + 5/PW) - 10 \log [(BW)(PW)] \qquad \text{dBW} \qquad (4)$$

3.2 Limites d'émission applicables aux stations de radionavigation aéronautique

La bande 15,63-15,7 GHz pourrait convenir aux radars de surface. En réaménageant la bande 15,45-15,65 GHz, dont les limites deviendraient alors 15,43-15,63 GHz, il ne serait pas nécessaire de se préoccuper des brouillages susceptibles d'être causés aux liaisons de connexion (Terre-espace).

Les radars polyvalents sont essentiellement utilisés au-dessus des océans, c'est-à-dire dans la plupart des cas au-delà des distances de coordination des stations terriennes de liaison de connexion, de sorte qu'une coordination avec ces dernières ne serait pas requise. En conséquence, l'exploitation de ces systèmes serait autorisée dans la bande 15,4-15,7 GHz, malgré certaines contraintes géographiques (voir l'Annexe 3). Les systèmes radars de détection et de mesure fonctionnent actuellement dans la bande 15,4-15,7 GHz et des contraintes géographiques peuvent également s'appliquer.

Les valeurs des paramètres des équations (2), (3) et (4) correspondant aux ALS, MPR et aux systèmes radars de détection et de mesure sont indiquées dans l'Annexe 1, où l'on trouvera également les fonctions de gain d'enveloppe d'antenne. Avec ces données, on peut calculer les valeurs de E_{eff} en fonction de l'angle d'élévation. La p.i.r.e. de crête et PW sont limitées par les équations (2), (3) et (4). L'angle d'élévation, φ, est exprimé en degrés.

3.2.1 Limites du paramètre E_{eff}, ALS

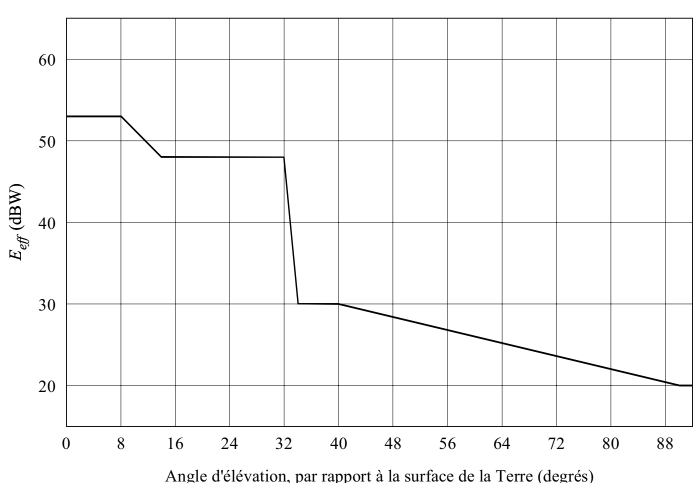
Porteuses de liaison de connexion occupant plus de 3 MHz:

$$E_{eff} = \begin{cases} 53 & \text{dBW} \quad \text{pour} \quad 0 \leq \varphi < 8 \\ 53 - 0{,}833\,(\varphi - 8) & \text{dBW} \quad \text{pour} \quad 8 \leq \varphi < 14 \\ 48 & \text{dBW} \quad \text{pour} \quad 14 \leq \varphi < 32 \\ 48 - 9\,(\varphi - 32) & \text{dBW} \quad \text{pour} \quad 32 \leq \varphi < 34 \\ 30 & \text{dBW} \quad \text{pour} \quad 34 \leq \varphi < 40 \\ 30 - 0{,}2\,(\varphi - 40) & \text{dBW} \quad \text{pour} \quad 40 \leq \varphi \leq 90 \end{cases}$$

Cette fonction est représentée à la Fig. 1.

FIGURE 1

Limites de p.i.r.e. effective, ALS



3.2.2 Limites du paramètre E_{eff}, MPR

Porteuses de liaison de connexion occupant plus de 1 MHz:

$$E_{eff} = \begin{cases} 62 & \text{dBW} \quad \text{pour} \quad 0 \leq \varphi < 20 \\ 62 - 0{,}56\,(\varphi - 20)^2 & \text{dBW} \quad \text{pour} \quad 20 \leq \varphi < 25 \\ 48 & \text{dBW} \quad \text{pour} \quad 25 \leq \varphi < 29 \\ 71{,}86 - 25 \log(\varphi - 20) & \text{dBW} \quad \text{pour} \quad 29 \leq \varphi < 68 \\ 29{,}8 & \text{dBW} \quad \text{pour} \quad 68 \leq \varphi \leq 90 \end{cases}$$

Cette fonction est représentée à la Fig. 2.

Les valeurs du paramètre E_{eff} pour les systèmes radars de détection et de mesure, dans le cas d'angles d'élévation supérieurs à 0°, est de –13,1 dBW.

FIGURE 2

Limites de p.i.r.e. effective, MPR

E_{eff} (dBW)

60
50
40
30
20

0 8 16 24 32 40 48 56 64 72 80 88

Angle d'élévation, par rapport à la surface de la Terre (degrés)

1340-02

3.3 Incidence sur la p.i.r.e. des composantes montantes des liaisons de connexion

La protection contre les brouillages causés sur les liaisons montantes par des stations de radionavigation aéronautique peut être assurée par fixation d'une valeur adéquate de p.i.r.e. des stations terriennes sur ces liaisons.

Dans le cas des brouillages causés sur une porteuse MDP-4 à débit 3/4 et CED, le rapport C/I (porteuse/brouillage) correspondant à un TEB de 1×10^{-6} était d'environ 9 dB pour les valeurs mesurées indiquées au § 3.1. Cette valeur correspond à une configuration dans laquelle les brouillages provenant d'autres sources ne sont pas significatifs. Du fait que le pourcentage de temps pendant lequel une station de radionavigation est active et pendant lequel le contour de son antenne à –3 dB se conjugue aux signaux d'un satellite est très faible, on suppose qu'un rapport C/I de 9 dB peut être toléré pendant un pourcentage de temps aussi réduit. Dans le cas d'une porteuse MDP-4 sans codage, le rapport C/I est d'environ 12 dB.

La valeur de p.i.r.e. nécessaire, sur une liaison montante, pour contrer l'enveloppe de ces brouillages en fonction de la largeur de bande de la porteuse de la liaison de connexion se calcule sur la base d'une hypothèse de travail, à savoir qu'un seul signal de type donné peut être observé en un instant T. En général, des valeurs de p.i.r.e. de l'ordre de 60 à 70 dBW peuvent être requises.

4 Résumé

– Les limites de p.i.r.e. équivalentes indiquées au § 3.2 sont compatibles avec l'exploitation des systèmes de radionavigation aéronautique actuels.

– En spécifiant les conditions de brouillage maximales devant être acceptées par les liaisons de connexion du SMS, on permet aux concepteurs et aux exploitants de liaisons de connexion de disposer d'une marge de manœuvre optimale pour répondre aux besoins du service et on supprime toute nécessité de spécifier des altitudes d'orbite, des diagrammes de rayonnement d'antenne de satellite, etc., qui pourraient être associés à d'éventuelles valeurs minimales de p.i.r.e.

– La p.i.r.e. minimale requise d'une station terrienne de liaison de connexion appelée à fonctionner dans les conditions de brouillage maximales définies au § 3.3, dans le sens Terre-espace, est facile à respecter.

ANNEXE 3

Distances de coordination entre stations terriennes de liaison de connexion (Terre-espace) du SMS et stations du service de radionavigation aéronautique dans la bande 15,4-15,7 GHz

1 Caractéristiques des systèmes de radionavigation aéronautique

On a recensé plusieurs systèmes qui fonctionnent dans cette bande. Il s'agit d'ALS ou de MPR aéroportés. Les caractéristiques et analyses nécessaires pour déterminer la distance de coordination sont exposées dans les paragraphes qui suivent.

2 Distances de coordination

2.1 Analyses

La distance de coordination, D_c, à respecter pour faire en sorte qu'aucun brouillage potentiellement inacceptable émanant de stations terriennes de liaison de connexion du SMS ne soit causé à des stations exploitées dans le service de radionavigation aéronautique est calculée comme indiqué dans les paragraphes qui suivent:

$$D_c = D_{fsl} + D_{oth} + D_{as} \quad \text{km} \tag{5}$$

où:

D_{fsl}: longueur totale du trajet radioélectrique en visibilité directe (km)

D_{oth}: distance, au-delà de l'horizon, correspondant à l'affaiblissement nécessaire au-delà de l'horizon (km)

D_{as}: distance entre l'aéronef et l'aire d'atterrissage (km) (s'applique aux ALS et aux systèmes radars de détection et de mesure)

$$D_{fsl} = (2r\, h_1)^{0,5} + (2r\, h_2)^{0,5} \quad \text{km} \tag{6}$$

où:

r: rayon de la Terre porté aux 4/3 de la valeur géométrique, afin de tenir compte de la réfraction dans l'atmosphère (8 500 km)

h_1: altitude de la station du service de radionavigation aéronautique (km)

h_2: altitude de la station terrienne de liaison de connexion (km)

$$L_{oth} = E_{esd} + 168{,}6 - L_{fsl} + G/T - I/N \quad \text{dB} \tag{7}$$

où:

L_{oth}: affaiblissement de propagation au-delà de l'horizon ajouté à L_{fsl} (dB) (cette fonction est décrite ci-après et sur la Fig. 1, établie à partir des fonctions 5% pour 15 GHz données dans la Recommandation UIT-R P.528, c'est-à-dire pour un affaiblissement dépassé pendant 95% du temps).

E_{esd}: densité de p.i.r.e. maximale de la station terrienne de liaison de connexion en direction de l'horizon (par hypothèse, 54 dB(W/MHz))

L_{fsl}: affaiblissement en espace libre calculé pour D_{fsl} (dB)

G/T: rapport gain/température de bruit de la station du service de radionavigation aéronautique (dB)

I/N: rapport brouillage acceptable/bruit de la station du service de radionavigation aéronautique (dB).

Les valeurs de L_{oth} en fonction de D_{oth} s'établissent comme indiqué dans le Tableau 1.

TABLEAU 1

D_{oth} (km)	L_{oth} (dB)	D_{oth} (km)	L_{oth} (dB)	D_{oth} (km)	L_{oth} (dB)
0	0	175	78	350	104
25	24	200	82	375	107
50	45	225	86	400	110
75	57	250	90	425	113
100	64	275	94	450	116
125	69	300	98	475	118
150	74	325	101	500	120

Les valeurs de D_{oth} pour les valeurs de L_{oth} comprises entre les valeurs indiquées peuvent être extrapolées comme suit:

$$D_{oth} = D_{ith} + 25[(L_{oth} - L_{ith})/(L_{jth} - L_{ith})] \quad \text{km} \tag{8}$$

où:

L_{ith}: valeur immédiatement inférieure de L_{oth}, dans le Tableau 1, par rapport à la valeur déterminée selon l'équation (7)

L_{jth}: valeur immédiatement supérieure de L_{oth}, dans le Tableau 1, par rapport à la valeur déterminée selon l'équation (7).

2.2 Distances de coordination calculées

Compte tenu des équations et des méthodes de calcul exposées plus haut, et sur la base des valeurs de certains des paramètres définis au § 2.1 ainsi que des autres paramètres nécessaires, on calcule les distances de coordination comme indiqué dans le Tableau 2.

TABLEAU 2

Paramètres	ALS	MPR	Systèmes radars de détection et de mesure
h_1 (km)	7,6	15	1,5
h_2 (km)	0,01	0,01	0,01
D_{fsl} (km)	372	518	172,7
D_{as} (km)	100	0	40
L_{fsl} (dB)	167,7	170,6	160,9
G/T (dB)	–22,7	–2,0	–24,4
I/N (dB)	–10	–10	–10
L_{oth} (dB)	42,2	60	47,3
D_{oth} (km)	46,7	85,7	54,8
D_c (km)	518,7	603,7	267,5

Une distance de coordination de 600 km peut être utilisée pour les MPR. Le mode de fonctionnement principal de ce type d'équipement est le domaine maritime, ce qui signifie que, dans la plupart des cas, la distance de 600 km par rapport à une station terrienne de liaison de connexion serait dépassée et qu'une coordination ne serait pas de ce fait nécessaire. Au cas où les stations terriennes de liaison de connexion seraient installées à terre, l'exploitation maritime serait facilitée.

2.3 Réduction des limites applicables aux stations terriennes

En abaissant la limite de densité maximale de p.i.r.e. des stations terriennes de liaison de connexion en direction de l'horizon, on devrait réduire également la distance de coordination. Sur la base de la fonction illustrée à la Fig. 3, les distances de coordination en fonction du paramètre E_{esd} s'établissent comme indiqué dans le Tableau 3:

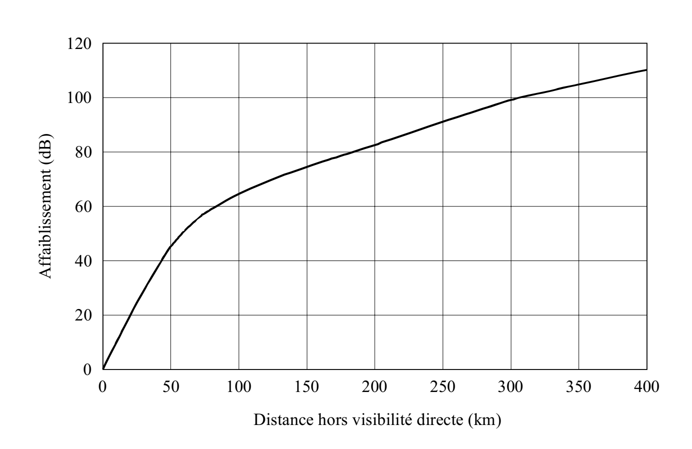
TABLEAU 3

E_{esd} (dB(W/MHz))	ALS (km)	MPR (km)	Systèmes radars de détection et de mesure (km)
54	519	604	268
44	507	573	254
34	495	561	242
24	485	549	231

Il est évident que la distance de coordination, dans le cas des ALS, des MPR et des systèmes radars de détection et de mesure, c'est-à-dire dans le cas où les distances s'entendent essentiellement de trajets en visibilité directe, n'est pas très sensible à la densité de p.i.r.e. rayonnée vers l'horizon.

FIGURE 3

Affaiblissement venant s'ajouter à l'affaiblissement en espace libre correspondant à la distance en visibilité directe



3 Résumé

– Les valeurs maximales d'émission d'une station terrienne de liaison de connexion doivent être limitées à 54 dB(W/MHz).

– En conséquence, une distance de coordination d'environ 515 km est nécessaire pour protéger les stations ALS exploitées dans le service de radionavigation aéronautique contre les brouillages inacceptables que pourraient provoquer les émissions de stations terriennes de liaison de connexion. La distance correspondante est d'environ 600 km pour un MPR et de 270 km pour un système radar de détection et de mesure.

– La distance de coordination associée à un ALS, à un MPR et à un système radar de détection et de mesure ne diminue pas de façon significative lorsque l'on réduit les valeurs maximales admissibles des émissions des stations terriennes de liaison de connexion.

La méthode que nous venons de décrire peut être utilisée parallèlement à d'autres techniques d'atténuation pour minimiser les distances de séparation pendant la coordination.

4 Facteurs de réduction de la distance de séparation compte tenu de la distance de coordination

Les éléments suivants seront pris en compte lorsqu'il sera nécessaire de situer une station terrienne de liaison de connexion (Terre-espace) dans les limites de la distance de coordination:

– En général, les stations terriennes de liaison de connexion sont dotées d'antennes dont l'ouverture de faisceau est inférieure à 1°, et fonctionnent à des valeurs d'angle d'élévation supérieures à 5°, ce qui diminue la p.i.r.e. rayonnée vers la station de radionavigation aéronautique et donc réduit la distance de séparation.

– Lorsque les limites de balayage horizontal de l'ALS n'englobent pas l'azimut donnant sur la station terrienne de liaison de connexion, l'espace aérien associé au système d'aide à l'atterrissage n'est pas «en vue» de la station terrienne de liaison de connexion, de sorte que l'on pourrait en ce cas envisager de réduire la distance de séparation d'une valeur pouvant atteindre 100 km.

– On pourra construire autour des antennes de station terrienne de liaison de connexion une butte de terre conférant un complément d'isolement en direction de la station de radionavigation aéronautique.

– Par un choix judicieux du lieu géographique d'installation de la station terrienne de liaison de connexion, on pourra tirer parti du blocage naturel du terrain et accroître les valeurs d'affaiblissement sur le trajet de propagation.

– On pourra enfin exploiter les phénomènes de découplage d'antennes que l'on observe lorsque l'aéronef se trouve dans l'espace aérien pris en charge par le système d'atterrissage et qu'il utilise ce système.

RECOMMANDATION UIT-R S.1341*

PARTAGE ENTRE LES LIAISONS DE CONNEXION (ESPACE-TERRE) DU SERVICE MOBILE PAR SATELLITE ET LE SERVICE DE RADIONAVIGATION AÉRONAUTIQUE DANS LA BANDE 15,4-15,7 GHz ET PROTECTION DU SERVICE DE RADIOASTRONOMIE DANS LA BANDE 15,35-15,4 GHz

(Question UIT-R 242/4)

(1997)

L'Assemblée des radiocommunications de l'UIT,

considérant

a) qu'aux termes de la Résolution 116 (CMR-95) de la Conférence mondiale des radiocommunications (Genève, 1995), l'UIT-R est invité à étudier les conditions de partage entre les liaisons de connexion (espace-Terre) du service mobile par satellite (SMS) et le service de radionavigation aéronautique dans la bande 15,4-15,7 GHz;

b) que la bande 15,4-15,7 GHz est attribuée à titre primaire au service de radionavigation aéronautique et que le numéro 953 (S4.10) du Règlement des radiocommunications (RR) s'applique;

c) que la CMR-95 a ajouté une attribution au service fixe par satellite dans cette bande pour les liaisons de connexion (espace-Terre) des réseaux SMS à satellites non géostationnaires (non OSG);

d) que les besoins des liaisons de connexion (espace-Terre) des systèmes à satellites non OSG doivent être satisfaits dans cette bande;

e) que les signaux émis par les satellites peuvent causer des brouillages inacceptables aux stations du service de radionavigation aéronautique;

f) que, conformément au numéro S5.511A du RR, des limites de puissance surfacique ont été fixées pour les signaux émis par les stations spatiales de systèmes à satellites non OSG afin de protéger le service de radionavigation aéronautique, ces limites pouvant faire l'objet de révisions par l'UIT-R;

g) que la coordination entre les systèmes à satellites émetteurs et les stations de radionavigation aéronautiques est considérée comme irréalisable;

h) que les signaux émis par les stations de radionavigation aéronautique et se propageant à la surface de la Terre peuvent causer des brouillages inacceptables aux stations terriennes de liaison de connexion;

j) qu'il faut des méthodes permettant de déterminer les distances de coordination et de séparation nécessaires entre les stations terriennes de liaison de connexion et les stations de radionavigation aéronautique afin de protéger les premières;

k) que, conformément au numéro S5.511B du RR, les stations d'aéronef ne sont pas autorisées à émettre dans la bande 15,45-15,65 GHz;

l) que le service de radionavigation aéronautique utilise de manière assez extensive cette bande pour des stations aéroportées, terrestres et maritimes;

m) que les caractéristiques techniques et opérationnelles des stations de radionavigation aéronautiques sont raisonnablement bien définies;

n) que les caractéristiques techniques et opérationnelles des liaisons de connexion ne sont pas définies correctement;

o) que, dans cette plage de fréquences, les systèmes à satellites n'opèrent pas, en général, avec des antennes de station terrienne à faible angle d'élévation;

p) que des études ont été faites au sujet du § o;

---

* Cette Recommandation doit être portée à l'attention des Commissions d'études 7 et 8 des radiocommunications.

q) que la bande adjacente 15,35-15,4 GHz est attribuée au service de radioastronomie et à d'autres services passifs et qu'il est nécessaire d'assurer une protection contre les brouillages préjudiciables causés par les signaux émis par les stations spatiales (voir le numéro S5.511A du RR);

r) que, conformément au numéro S5.340 du RR, toutes les émissions de signaux sont interdites dans la bande 15,35-15,4 GHz, à l'exception de celles prévues au numéro S5.341 du RR;

s) que la Recommandation UIT-R RA.769 donne des seuils de brouillages préjudiciables pour le service de radioastronomie,

recommande

1 de limiter les liaisons de connexion du SMS à la bande 15,43-15,63 GHz (Note 1);

2 de faire en sorte que, quelles que soient les conditions et les méthodes de modulation, la puissance surfacique des signaux émis à la surface de la Terre par les liaisons de connexion d'un système spatial à satellites non OSG ne dépasse pas, à titre provisoire, les valeurs données au § 2.1 correspondant à la condition énoncée au § 2.2 (Note 2);

2.1 de prendre note des limites ci-après, mentionnées au § 2, applicables dans la bande de fréquences 15,43-15,63 GHz, où φ désigne l'angle d'incidence (degrés) au-dessus du plan horizontal local:

-127	$dB(W/m^2)$ dans 1 MHz	pour	$0 \leq \varphi < 20$
$-127 + 0,56(\varphi - 20)^2$	$dB(W/m^2)$ dans 1 MHz	pour	$20 \leq \varphi < 25$
-113	$dB(W/m^2)$ dans 1 MHz	pour	$25 \leq \varphi < 29$
$-136,9 + 25 \log(\varphi - 20)$	$dB(W/m^2)$ dans 1 MHz	pour	$29 \leq \varphi < 31$
-111	$dB(W/m^2)$ dans 1 MHz	pour	$31 \leq \varphi \leq 90$

2.2 de considérer que ces limites correspondent à la puissance surfacique qui serait obtenue dans des conditions de propagation en espace libre;

3 de considérer qu'avec les limites de puissance surfacique données au § 2, la coordination entre les systèmes à satellites d'émission et les stations de réception du service de radionavigation aéronautique n'est pas nécessaire;

4 de ne pas faire fonctionner des radars de surface, tels qu'ils sont décrits dans l'Annexe 1, dans la bande 15,43-15,63 GHz;

5 de faire en sorte que, concernant les signaux émis par les stations du service de radionavigation aéronautique, les distances de coordination avec les stations terriennes de liaison de connexion du SMS soient celles qui sont données ci-après, si le gain d'antenne de station terrienne dans le plan horizontal local est de 11,5 dBi:

– 150 km à partir de l'aire d'atterrissage pour les systèmes d'aide à l'atterrissage des aéronefs (ALS);

– 600 km à partir d'un aéronef équipé d'un radar multifonctions d'aéronef (MPR);

– 60 km à partir de l'aire d'atterrissage pour les systèmes radars de détection et de mesure.

6 de ne faire fonctionner les stations terriennes de liaison de connexion qu'à des angles au-dessus du plan horizontal local d'au moins 5°;

7 de tenir compte des seuils pour le service de radioastronomie donnés dans la Recommandation UIT-R RA.769 pour la bande 15,35-15,4 GHz, lorsque des signaux sont émis par des liaisons de connexion d'un système spatial à satellites non OSG, quelles que soient les conditions et les méthodes de modulation (voir la Note 3);

8 de tenir compte des informations complémentaires rassemblées dans les Annexes 1, 2 et 3.

NOTE 1 – La largeur de bande indiquée au § 1 est inférieure à la largeur de la bande attribuée par la CMR-95 aux liaisons de connexion du SMS non OSG. Cette différence est recommandée afin de faciliter le partage de fréquences entre les liaisons de connexion du SMS non OSG et le service de radionavigation aéronautique. Le § 1 sera revu à une date ultérieure en fonction des résultats d'une future CMR.

NOTE 2 – La possibilité de concevoir et de faire fonctionner des liaisons de connexion espace-Terre avec les limites provisoires de puissance surfacique données au § 2.1 n'a pas été étudiée. Par ailleurs, il y a lieu de revoir les valeurs de ces limites provisoires de puissance surfacique pour assurer la protection du service de radionavigation aéronautique.

NOTE 3 – On pourra fixer d'autres contraintes sur les plans de la conception et du fonctionnement pour les liaisons de connexion espace-Terre du SMS afin de tenir compte des seuils pour le service de radioastronomie donnés dans la Recommandation UIT-R RA.769, selon le § 7.

ANNEXE 1

Systèmes de radionavigation aéronautique dans la bande 15,4-15,7 GHz

1 Radars de surface

Les radars de surface, installés à terre ou embarqués à bord de navires, sont utilisés pour la détection, la localisation et le suivi du mouvement des aéronefs et des véhicules de surface utilisés dans les aéroports et sur tout type de terrain d'atterrissage.

1.1 Diagrammes d'antenne

– Ouverture de faisceau nominale à 3 dB: < 3,5° dans le plan vertical, cosécante inversée à –31°
  0,35° dans le plan horizontal
– Gamme de fréquences: 15,65-16,7 GHz
– Polarisation: circulaire
– Gain type: 43 dBi
– Niveau maximal des lobes latéraux: 25 dB en-dessous du gain de crête
– Niveau maximal des lobes arrière: 35 dB en-dessous du gain de crête
– Plage d'inclinaison dans le plan vertical: ± 1,5°
– Plage maximale de balayage dans le plan horizontal: 360°.

1.1.1 Diagramme d'enveloppe de l'élévation de l'antenne

Sur la base des données mesurées et des spécifications de niveaux des lobes latéraux, le gain de crête étant orienté à +1,5°, on définit comme suit le diagramme de gain d'enveloppe en élévation, où φ désigne l'angle d'élévation (degrés):

$$G(\varphi) = \begin{cases} 43 & \text{dBi} \quad \text{pour} \quad 0 \le \varphi < 4 \\ 43 - 5(\varphi - 4) & \text{dBi} \quad \text{pour} \quad 4 \le \varphi < 9 \\ 18 & \text{dBi} \quad \text{pour} \quad 9 \le \varphi < 16 \\ 43{,}2 - 21 \log \varphi & \text{dBi} \quad \text{pour} \quad 16 \le \varphi < 48 \\ 8 & \text{dBi} \quad \text{pour} \quad 48 \le \varphi \le 90 \end{cases}$$

1.1.2 Diagramme d'enveloppe en fonction de l'azimut de l'antenne

Sur la base des données mesurées et des spécifications de niveaux des lobes latéraux, on définit comme suit le diagramme de gain d'enveloppe en azimut, où φ désigne l'angle d'azimut relatif (degrés):

$$G(\varphi) = \begin{cases} 43 - 110\,\varphi^2 & \text{dBi} \quad \text{pour} \quad 0 \le \varphi < 0{,}4767 \\ 18 & \text{dBi} \quad \text{pour} \quad 0{,}4767 \le \varphi < 0{,}72 \\ 17{,}07 - 6{,}5 \log \varphi & \text{dBi} \quad \text{pour} \quad 0{,}72 \le \varphi < 48 \\ 8 & \text{dBi} \quad \text{pour} \quad 48 \le \varphi \le 180 \end{cases}$$

1.2 Autres caractéristiques

1.2.1 A l'émission

– p.i.r.e. de crête: 86 dBW
– Fréquence de récurrence des impulsions: 8 192 Hz
– Durée des impulsions: 0,04 µs
– Largeur de bande des impulsions à 3,5 dB: 25 MHz.

1.2.2 A la réception

– Gain d'antenne type: 43 dBi

– Facteur de bruit type: 6,2-6,9 dB.

2 Systèmes d'aide à l'atterrissage des aéronefs (ALS – Aircraft landing systems)

Les ALS sont des systèmes multifonctions utilisés à bord de navires à terre, sous forme d'équipements portatifs ou d'installations permanentes ou enfin pour les atterrissages de navettes spatiales. Le système d'atterrissage à faisceaux battants hyperfréquences (MSBLS – Microwave scanning beam landing system) est un de ces systèmes. Certaines de leurs caractéristiques varient en fonction de leurs applications spécifiques.

2.1 Diagramme d'antenne de station de surface

Les diagrammes d'antenne sont similaires pour toutes les applications, y compris pour le MSBLS. Les plages de balayage angulaire varient selon l'application mais celles qui sont données ci-dessous couvrent toutes les applications.

Le complément en antennes de l'ALS se compose d'une antenne pour l'élévation et d'une antenne pour l'azimut.

La partie antenne pour l'élévation de l'ALS sert à transmettre à l'aéronef les données d'angle dans le plan vertical:

– ouverture de faisceau nominale à 3 dB: 1,3° dans le plan vertical
40° dans le plan horizontal

– gamme de fréquences: 15,4-15,7 GHz

– polarisation: horizontale et verticale

– gain type: 28 dBi

– niveau maximal des lobes latéraux: 17 dB en-dessous du gain de crête dans les deux plans

– plage maximale de balayage dans le plan vertical: 0° à 30°.

La partie antenne pour l'azimut sert à transmettre les données d'azimut à l'aéronef:

– ouverture de faisceau nominale à 3 dB: 2,0° dans le plan horizontal
6,5° dans le plan vertical

– le diagramme dans le plan vertical est déformé afin de parvenir à un gain d'au moins 20 dBi à 20° au-dessus de l'horizon

– gamme de fréquences: 15,4-15,7 GHz

– polarisation: horizontale et verticale

– gain type: 33 dBi

– niveau maximal des lobes latéraux: 17 dB en-dessous du gain de crête dans les deux plans

– plage maximale de balayage dans le plan horizontal: ± 35°.

2.1.1 Diagramme d'enveloppe combiné en élévation

On définit comme suit le diagramme de gain d'enveloppe verticale combiné sur la base des données mesurées, où φ désigne l'angle d'élévation (degrés):

$$G(\varphi) = \begin{cases} 33 & \text{dBi} \quad \text{pour} \quad 0 \leq \varphi < 8 \\ 33 - 0{,}833\,(\varphi - 8) & \text{dBi} \quad \text{pour} \quad 8 \leq \varphi < 14 \\ 28 & \text{dBi} \quad \text{pour} \quad 14 \leq \varphi < 32 \\ 28 - 9\,(\varphi - 32) & \text{dBi} \quad \text{pour} \quad 32 \leq \varphi < 34 \\ 10 & \text{dBi} \quad \text{pour} \quad 34 \leq \varphi < 40 \\ 10 - 0{,}2\,(\varphi - 40) & \text{dBi} \quad \text{pour} \quad 40 \leq \varphi \leq 90 \end{cases}$$

2.1.2 Diagrammes d’antenne en azimut

Le diagramme d'enveloppe en azimut de l'antenne d'élévation est défini comme suit, φ étant l'angle d'azimut relatif (degrés):

$$G(\varphi) = \begin{cases} 28 - 0{,}0062\,\varphi^2 & \text{dBi} \quad \text{pour} \quad 0 \leq \varphi < 70 \\ -2{,}37 & \text{dBi} \quad \text{pour} \quad 70 \leq \varphi \leq 180 \end{cases}$$

Le diagramme d'enveloppe en azimut de l'antenne pour l'azimut est défini comme suit, φ étant l'angle d'azimut relatif (degrés):

$$G(\varphi) = \begin{cases} 33 - 2\,\varphi^2 & \text{dBi} \quad \text{pour} \quad 0 \leq \varphi < 3 \\ 15 & \text{dBi} \quad \text{pour} \quad 3 \leq \varphi < 5 \\ 32{,}5 - 25\log\varphi & \text{dBi} \quad \text{pour} \quad 5 \leq \varphi < 48 \\ -9{,}53 & \text{dBi} \quad \text{pour} \quad 48 \leq \varphi \leq 180 \end{cases}$$

2.2 Autres caractéristiques

2.2.1 A l'émission

– p.i.r.e. de crête: 71 dBW
– Fréquence de récurrence des impulsions: 3 334 Hz
– Durée des impulsions: 0,333 µs
– Largeur de bande des impulsions à 3,5 dB: 3 MHz.

2.2.2 A la réception

– Gain d'antenne type: 8 dBi
– Facteur de bruit type: 8 dB.

3 Radars d'aéronef multifonctions (MPR – Multipurpose radars)

Un radar d'aéronef multifonctions est un radar assurant des fonctions de radionavigation, de radiolocalisation et de météorologie.

3.1 Diagrammes d’antenne

L'antenne est une parabole d'environ 0,3 m de diamètre à balayage vertical et horizontal, compte tenu du cap et de l'attitude de l'aéronef:

– ouverture nominale de faisceau à 3 dB: 4,5°
– gamme de fréquences: 15,4-15,7 GHz
– polarisation: verticale
– gain type: 30 dBi
– débattement horizontal maximal: ± 45°
– débattement vertical maximal: ± 20°.

Le diagramme d'enveloppe de l'antenne est défini comme suit, φ étant l'angle d'azimut relatif (degrés):

$$G(\varphi) = \begin{cases} 30 & \text{dBi} \quad \text{pour} \quad 0 \leq \varphi < 20 \\ 30 - 0{,}56\,(\varphi - 20)^2 & \text{dBi} \quad \text{pour} \quad 20 \leq \varphi < 25 \\ 16 & \text{dBi} \quad \text{pour} \quad 25 \leq \varphi < 29 \\ 39{,}86 - 25\log(\varphi - 20) & \text{dBi} \quad \text{pour} \quad 29 \leq \varphi < 68 \\ -2{,}17 & \text{dBi} \quad \text{pour} \quad 68 \leq \varphi \leq 180 \end{cases}$$

3.2 Autres caractéristiques

3.2.1 A l'émission

– p.i.r.e. de crête: 70 dBW
– Fréquence de récurrence des impulsions: 800 Hz
– Durée des impulsions: 2 μs
– Largeur de bande des impulsions à 3,5 dB: 0,5 MHz.

3.2.2 A la réception

– Gain d'antenne type: 30 dBi
– Facteur de bruit type: 8 dB.

4 Système radar de détection et de mesure

Les techniques de mesure par système radar à 15 GHz sont particulièrement bien adaptées aux petits aéronefs, notamment aux hélicoptères, car de tels systèmes offrent divers avantages: compacité, légèreté, bonne directivité d'antenne, qualité de fonctionnement largement suffisante pour un grand nombre d'applications de radionavigation opérationnelle qui ne seraient pas envisageables à des fréquences inférieures pour diverses raisons, notamment de propagation. Pour les mesures d'altitude, cette bande de fréquences relativement élevée est particulièrement intéressante sur le plan de la conception des systèmes, grâce notamment au couplage plus faible et à l'absence d'effets de triangulation, ce qui est particulièrement important lorsque l'on cherche à obtenir des mesures précises avec une très bonne résolution (de l'ordre du mètre). D'ailleurs, dans certaines applications, cette bande de fréquences offre la seule solution techniquement viable.

Les systèmes faisant intervenir ces techniques sont largement utilisés dans certaines parties du monde où ils contribuent fortement à la sécurité des aéronefs. La mesure de l'altitude et l'existence de zones dégagées correspondent à l'un des paramètres les plus critiques dans l'exploitation d'un aéronef lorsque cette mesure sert à faciliter les étapes finales des atterrissages. Une haute précision et l'absence de brouillage sont des éléments vitaux permettant d'assurer le bon comportement des aéronefs et d'améliorer la sûreté de ce comportement.

Les systèmes radars de détection et de mesure sont surtout utilisés dans les phases de vol à basse altitude (altitude relative d'environ 1 500 m). Dans la grande majorité des applications, le système fait intervenir une antenne fonctionnant en émission-réception verticale vers le bas. Pour réduire les effets de diffusion et autres effets nuisibles, on fait intervenir une commande de réduction de puissance en fonction de l'altitude-sol.

4.1 Caractéristiques des systèmes radars de détection et de mesure

4.1.1 Emetteur

– Gamme de fréquences: 15,63-15,65 GHz
– Puissance de crête: 30 dBmW
– Gain d'antenne: 13 dBi, niveau des lobes arrières < 5 dBi
– Fréquence de récurrence des impulsions: 58 kHz
– Durée (maximale) des impulsions: 500 ns
– Coefficient d'utilisation (maximal): 3%
– Largeur de bande des impulsions à 3,5 dB: 2 MHz.

4.1.2 Récepteur

– Gain d'antenne: 13 dBi, niveau des lobes arrières < 5 dBi
– Facteur de bruit: 6 dB.

ANNEXE 2

Critères de protection pour le service de radionavigation aéronautique, possibilité de partage de fréquences avec les liaisons de connexion (espace-Terre) du SMS dans la bande 15,4-15,7 GHz et protection du service de radioastronomie dans la bande 15,35-15,4 GHz

1 Caractéristiques des systèmes de radionavigation aéronautique

On a recensé plusieurs systèmes qui fonctionnent dans cette bande. Ils comprennent les radars de surface, installés à terre ou embarqués à bord de navires, utilisés pour la détection, la localisation et le suivi du mouvement des aéronefs et des autres véhicules sur tout type de terrain d'atterrissage, des ALS, des MPR aéroportés et des systèmes radars de détection et de mesure. Les diagrammes d'antenne de ces systèmes constituent un élément important pour la détermination de la puissance surfacique en fonction de l'angle d'élévation. Les diagrammes de gain d'enveloppe d'antenne et les autres caractéristiques pertinentes sont donnés à l'Annexe 1.

2 Analyses

2.1 Limites de puissance surfacique dans le cas le plus défavorable

L'expression générale pour le calcul d'une limite de puissance surfacique (pfd) dans ce cas est la suivante:

$$pfd \leq -217{,}6 + 10 \log B - 20 \log \lambda - G/T + I/N \qquad \text{dB}(\text{W/m}^2) \text{ dans } B \qquad (1)$$

où:

- B: largeur de bande (Hz)
- λ: longueur d'onde (m)
- G/T: gain d'antenne/température de bruit (dB)
- I/N: rapport brouillage/bruit admissible (dB)

Etant donné que ces systèmes opèrent dans le service de radionavigation aéronautique et qu'ils sont considérés comme des systèmes assurant un service de sécurité, les critères de protection pourront être plus sévères que pour d'autres services. Supposons que la limite du rapport I/N vaut –10 dB. L'inéquation (1) conduit alors à une limite de puissance surfacique de –146 dB(W/m^2) dans 1 MHz dans le cas des paramètres donnés à l'Annexe 1 pour les radars de surface. Compte tenu des paramètres donnés à l'Annexe 1, l'inéquation (1) conduit à une limite de puissance surfacique de −111 dB(W/m^2) dans 1 MHz pour les ALS et pour les systèmes radars de détection et de mesure et de −133 dB(W/m^2) dans 1 MHz pour les MPR. Ces valeurs reposent sur des gains d'antennes maximaux pour ces systèmes.

La limite de puissance surfacique de –146 dB(W/m^2) dans 1 MHz suppose l'utilisation d'antennes de stations terriennes très larges (de diamètre supérieur à 15 m) qui sont considérées comme irréalisables (voir le § 2.3). Toutefois, la bande 15,63-15,7 GHz peut suffire pour les radars de surface, ce qui permettrait de supprimer cette limite de puissance surfacique dans une bande 15,43-15,63 GHz attribuée aux liaisons de connexion.

Les MPR opèrent surtout au-dessus des océans et se situeront la plupart du temps au-delà de la distance de coordination des stations terriennes de liaison de connexion; aucune coordination ne devrait donc être nécessaire avec ces stations. L'exploitation de MPR dans la bande 15,4-15,7 GHz devrait donc être autorisée même en cas d'application de contraintes géographiques (voir l'Annexe 3).

Les systèmes radars de détection et de mesure n'entraînent pas de restriction importante au niveau de la puissance surfacique, mais il peut y avoir des contraintes géographiques.

Une limite de puissance surfacique de –133 dB(W/m^2) dans 1 MHz aux faibles angles d'incidence peut entraîner des contraintes indues pour la mise en place de stations terriennes de liaison de connexion du SMS. Une puissance surfacique de –127 dB(W/m^2) dans 1 MHz permet d'utiliser des antennes de station terrienne d'un diamètre inférieur de moitié à celui qu'impose une puissance surfacique de –133 dB(W/m^2) dans 1 MHz (voir le § 2.3.) Etant donné que les MPR utilisent une antenne à faisceau étroit de faible débattement angulaire, des brouillages intermittents de courte durée

se produiront lorsque leur faisceau principal est pointé en direction d'un satellite. En outre, il n'y a pas lieu de considérer que ces MPR, dans des conditions d'utilisation normale, assurent un «service de sécurité». Par conséquent, un accroissement du bruit du système pouvant atteindre 40% pourrait être toléré pendant de courtes périodes, ce qui porterait la limite de puissance surfacique à –127 dB(W/m^2) dans 1 MHz.

2.2 Limites de puissance surfacique en fonction de l'angle d'incidence

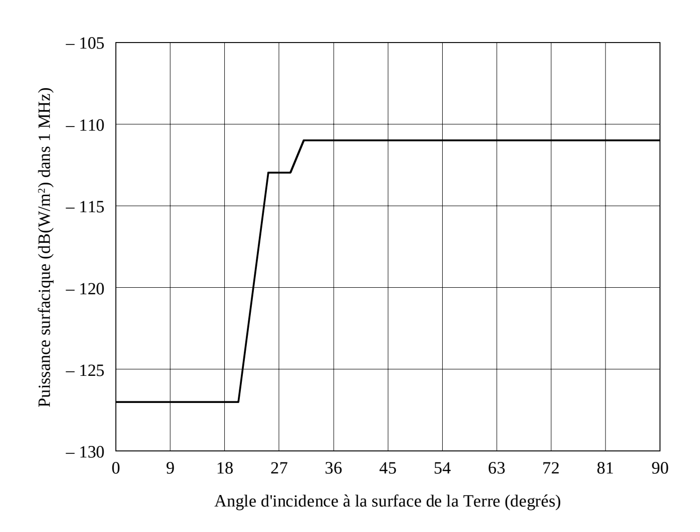
D'après le § 2.1, les ALS et les MPR devraient fonctionner dans la bande 15,4-15,7 GHz comprenant la bande 15,43-15,63 GHz utilisée en partage par les liaisons de connexion.

Si on combine les valeurs de puissance surfacique du § 2.1 avec les fonctions de gain d'antenne données aux § 2 et 3 de l'Annexe 1, on obtient les limites de puissance surfacique données ci-dessous et représentées sur la Fig. 1, où φ est en degrés;

$$pfd \begin{cases} \leq -127 & \text{dB(W/m}^2\text{) dans 1 MHz} \quad \text{pour} \quad 0 \leq \varphi < 20 \\ \leq -127 + 0{,}56\,(\varphi - 20)^2 & \text{dB(W/m}^2\text{) dans 1 MHz} \quad \text{pour} \quad 20 \leq \varphi < 25 \\ \leq -113 & \text{dB(W/m}^2\text{) dans 1 MHz} \quad \text{pour} \quad 25 \leq \varphi < 29 \\ \leq -136{,}9 + 25 \log(\varphi - 20) & \text{dB(W/m}^2\text{) dans 1 MHz} \quad \text{pour} \quad 29 \leq \varphi < 31 \\ \leq -111 & \text{dB(W/m}^2\text{) dans 1 MHz} \quad \text{pour} \quad 31 \leq \varphi \leq 90 \end{cases}$$

FIGURE 1

Limites maximales de puissance surfacique pour les satellites (ALS, MPR et système radar de détection et de mesure)



2.3 Incidence sur les paramètres associés aux liaisons de connexion

Les signaux émis par les satellites arriveront toujours avec de faibles angles d'incidence à la surface de la Terre. Pour ces angles, la limite de puissance surfacique vaut –127 dB(W/m^2) dans 1 MHz. Pour une puissance surfacique donnée, on peut calculer le diamètre d'une antenne de station terrienne, *D*, comme suit:

$$D = \left[(C/N)_t \, (k \, T \, B \, / \, pfd) \, (4M \, / \, \pi \, \eta) \right]^{0,5} \qquad \text{m} \qquad (2)$$

où:

- $(C/N)_t$: rapport porteuse/bruit seuil
- k: constante de Boltzmann
- T: température de bruit du système de réception (K)
- B: largeur de bande (Hz), utilisée pour la puissance surfacique
- M: marge
- η: rendement d'ouverture de l'antenne

Les stations terriennes de liaison de connexion du SMS sont généralement conçues de manière à offrir une disponibilité de liaison d'environ 99,99%. Pour un fonctionnement à des angles d'élévation inférieurs à 20° (en fonction de la zone hydrométéorologique de fonctionnement), la spécification de marge de protection contre les évanouissements dus à la pluie combinée au besoin de satisfaire la limite de puissance surfacique de –127 dB(W/m^2) dans 1 MHz peuvent entraîner des contraintes pour la mise en place de stations terriennes de liaison de connexion du SMS dans la bande de fréquences 15,43-15,63 GHz.

En admettant un $(C/N)_t$ de 12 dB, une température *T* de 24 dB(K), un rendement η de 0,6 et des valeurs de puissance surfacique de –127, –133 et –146 dB(W/m^2) dans 1 MHz dans l'équation (2), on obtient pour le diamètre *D* les valeurs indiquées dans le Tableau 1:

TABLEAU 1

M (dB)	pfd		
	–127 dB(W/m^2) dans 1 MHz	–133 dB(W/m^2) dans 1 MHz	–146 dB(W/m^2) dans 1 MHz
	D (m)	*D* (m)	*D* (m)
7	1,7	3,4	15
10	2,4	4,8	22
13	3,4	6,8	30,4
16	4,8	9,6	43
19	6,8	13,6	61
22	9,6	19,2	86
25	13,6	27,1	121
28	19,2	38,3	171

2.4 Brouillages causés par des satellites non OSG à des récepteurs de radioastronomie dans la bande 15,35-15,4 GHz

La Recommandation UIT-R RA.769 donne des seuils de brouillage préjudiciable pour le service de radioastronomie dans la bande 15,35-15,4 GHz, qui est attribuée à titre primaire à ce service. Ces seuils sont de –156 dB(W/m^2) dans 1 MHz et de −233 dB(W/m^2) dans 1 MHz à la surface de la Terre. Si on suppose que la valeur par Hz peut être extrapolée à 1 MHz, le seuil serait de –173 dB(W/m^2) dans 1 MHz. La valeur applicable est égale à –127 dB(W/m^2) dans 1 MHz pour les angles d'incidence inférieurs ou égaux à environ 20° et s'élève à –111 dB(W/m^2) dans 1 MHz pour les angles supérieurs à environ 30° dans la bande 15,43-15,63 GHz. Cela étant, il faut une discrimination qui soit égale à environ 46 dB à 15,4 GHz et qui s'élève à 62 dB au-dessus de 30°. Il est possible de parvenir à une valeur de 62 dB avec

un filtre à 6 pôles (ondulation de 0,1 dB) sur 30 MHz avec une bande passante de 50 MHz. L'exploitation de liaisons espace-Terre au voisinage immédiat de 15,4 GHz semble impossible. Toutefois, si la bande 15,4-15,43 GHz n'est pas utilisée par les liaisons de connexion, il existerait une bande de garde de 30 MHz dans laquelle on pourrait employer des filtres passe-bande ou d'autres dispositifs afin de protéger le service de radioastronomie dans la bande 15,35-15,4 GHz.

Concernant les niveaux des émissions hors bande provenant des liaisons de connexion, il faudrait tenir compte des besoins du service de radioastronomie dans la bande 15,35-15,4 GHz.

3 Résumé

Les limites de puissance surfacique données au § 2.2 sont nécessaires pour la protection du service de radionavigation aéronautique contre les brouillages causés par les liaisons de connexion espace-Terre dans la bande 15,4-15,7 GHz.

ANNEXE 3

Distances de coordination entre les stations terriennes de liaison de connexion espace-Terre du SMS et les stations du service de radionavigation aéronautique dans la bande 15,4-15,7 GHz

1 Caractéristiques des systèmes de radionavigation aéronautique

On a recensé plusieurs systèmes qui fonctionnent dans cette bande. Il s'agit des ALS et des MPR aéroportés. Les caractéristiques et analyses nécessaires pour déterminer les distances de coordination sont exposées dans les paragraphes qui suivent.

2 Distances de coordination

2.1 Analyses

La distance de coordination, D_c, nécessaire pour garantir que les stations de radionavigation aéronautique ne causent aucun brouillage potentiellement inacceptable aux stations terriennes de liaison de connexion du SMS peut être calculée comme indiqué dans les paragraphes qui suivent:

$$D_c = D_{fsl} + D_{oth} + D_{as} \qquad \text{km} \qquad (3)$$

où:

- D_{fsl}: longueur totale du trajet radioélectrique en visibilité directe (km)
- D_{oth}: distance, au-delà de l'horizon, correspondant à l'affaiblissement nécessaire au-delà de l'horizon (km)
- D_{as}: distance entre l'aéronef et l'aire d'atterrissage (s'applique aux ALS et aux systèmes radars de détection et de mesure)

$$D_{fsl} = (2r\, h_l)^{0,5} + (2r\, h_2)^{0,5} \qquad \text{km} \qquad (4)$$

où:

- r: rayon de la Terre porté aux 4/3 de la valeur géométrique afin de tenir compte de la réfraction dans l'atmosphère (8 500 km)
- h_1: altitude de la station du service de radionavigation aéronautique (km)
- h_2: altitude de la station terrienne de liaison de connexion (km)

$$L_{oth} = E_{eff}/\text{MHz} + 168{,}6 - L_{fsl} + G(\varphi) - 10 \log T - I/N \qquad \text{dB} \qquad (5)$$

où L_{oth} est l'affaiblissement au-delà de l'horizon qui vient s'ajouter à L_{fsl} (dB). (Cette fonction est décrite ci-après et sur la Fig. 2, établie à partir des fonctions 5% pour 15 GHz données dans la Recommandation UIT-R P.528; il est question ici de l'affaiblissement dépassé pendant 95% du temps.)

E_{eff}/MHz : densité maximale de p.i.r.e. apparente de la station de radionavigation aéronautique en direction de l'horizon (voir l'Annexe 2 de la Recommandation UIT-R S.1340).

L_{fsl} : affaiblissement en espace libre calculé pour D_{fsl} (dB)

$G(\varphi)$: gain de l'antenne de la station terrienne de liaison de connexion en fonction de l'angle φ au-dessus de l'horizon (dBi)

T : température de bruit de la station terrienne (K)

I/N : rapport brouillage/bruit acceptable de la station terrienne de liaison de connexion (dB)

La liste du Tableau 2 permet de déterminer la valeur de D_{oth} pour chacune des valeurs de L_{oth} énumérées.

TABLEAU 2

D_{oth} (km)	L_{oth} (dB)	D_{oth} (km)	L_{oth} (dB)	D_{oth} (km)	L_{oth} (dB)
0	0	175	78	350	104
25	24	200	82	375	107
50	45	225	86	400	110
75	57	250	90	425	113
100	64	275	94	450	116
125	69	300	98	475	118
150	74	325	101	500	120

Pour les valeurs de L_{oth} comprises entre les valeurs données ci-dessus, on calcule les valeurs de D_{oth} au moyen de l'interpolation suivante:

$$D_{oth} = D_{ith} + 25 \left[(L_{oth} - L_{ith}) / (L_{jth} - L_{ith}) \right] \quad \text{km} \tag{6}$$

où:

L_{ith} : valeur de L_{oth} de la liste immédiatement inférieure à la valeur de L_{oth} déterminée par l'équation (5)

L_{jth} : valeur de L_{oth} de la liste immédiatement supérieure à la valeur de L_{oth} déterminée par l'équation (5)

2.2 Calcul des distances de coordination

On utilise les paramètres du Tableau 3 pour déterminer les distances de coordination.

Si le plan horizontal correspond aux lobes latéraux de l'antenne de la station terrienne, alors:

$$L_{oth} \text{ (dB)} = 87{,}2 - 25 \log \varphi \quad \text{pour les ALS} \tag{7}$$

$$L_{oth} \text{ (dB)} = 75{,}0 - 25 \log \varphi \quad \text{pour les MPR aéroportés}$$

La valeur retenue pour le gain de l'enveloppe des lobes latéraux est de 29 – 25 log φ en dBi, où φ est en degrés.

En utilisant l'équation (7) pour L_{oth} et en déterminant les distances correspondantes à partir des équations (6) et (3), on obtient les résultats donnés dans le Tableau 4, pour l'ALS et le MPR aéroporté. Les distances du système radar de détection et de mesure sont en visibilité directe.

TABLEAU 3

Paramètre	ALS	MPR aéroporté	Système radar de détection et de mesure
h_1 (km)	0,01	15	1,5
h_2 (km)	0,01	0,01	0,01
D_{fsl} (km)	26	518	25(1)
D_{as} (km)	0	0	40
L_{fsl} (dB)	145	171	Sans objet
10 log T (dB(K))	24	24	24
I/N (dB)	–10	–10	–10
E_{eff}/MHz (dBW)	48,2	62	–13,1
L_{oth} (dB)	69,7	57,4	0
D_{oth} (km)	129	77	0
D_c (km)	155	595	65

(1) Cette valeur correspond à la propagation en espace libre pour un angle d'incidence de 3,2° dans la station terrienne.

TABLEAU 4

Angle d'élévation, φ (degrés)	Distances de coordination (km)		
	ALS	MPR aéroporté	Système radar de détection et de mesure
5	155	595	65
10	120	578	54
15	104	569	47
20	96	565	
25	91	562	
30	87	560	

Les MPR opèrent surtout au-dessus des océans et se situeront la plupart du temps au-delà de 600 km des stations terriennes de liaison de connexion; aucune coordination ne devrait donc être nécessaire. Si les stations terriennes de liaison de connexion étaient situées à l'intérieur des terres, cela permettrait d'agrandir les zones de fonctionnement au-dessus des océans.

3 Facteurs permettant de réduire la distance de séparation inférieure à la distance de coordination

Il convient de tenir compte des considérations ci-après lorsqu'il est nécessaire qu'une station terrienne de liaison de connexion espace-Terre soit située à une distance inférieure à la distance de coordination.

– En général, les stations terriennes de liaison de connexion comporteront des antennes dont l'ouverture de faisceau d'antenne sera inférieure à 1° et opéreront à des angles d'élévation supérieurs à 5°. Il est donc possible de parvenir à une importante discrimination d'antenne de station terrienne par rapport aux signaux brouilleurs se propageant à la surface de la Terre.

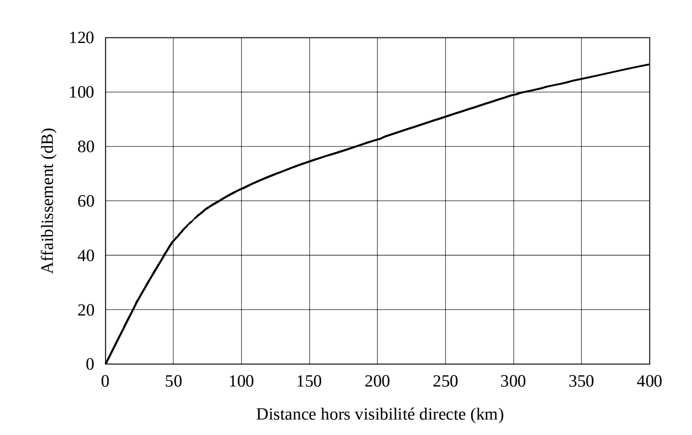
– Les stations de radionavigation aéronautique situées à la surface de la Terre peuvent aussi permettre une discrimination d'antenne supplémentaire en fonction de leurs opérations. C'est, par exemple, le cas pour les ALS, pour lesquels l'azimut en direction de la station terrienne est situé hors des limites de balayage horizontal (voir l'Annexe 1).

– La formation spécifique d'un monticule de terre autour de la ou des antennes d'une station terrienne de liaison de connexion permet une discrimination supplémentaire en réception pour ladite station terrienne.

– On peut étudier où placer géographiquement la station terrienne de liaison de connexion afin de tirer parti du blocage naturel du terrain, qui permettra une augmentation de l'affaiblissement sur le trajet de propagation.

FIGURE 2

Affaiblissement venant s'ajouter à l'affaiblissement en espace libre correspondant à la distance en visibilité directe



4 Résumé

– La présente Annexe contient la description d'une méthode permettant de déterminer les distances de coordination nécessaires pour la protection des stations terriennes de liaison de connexion contre les brouillages causés par les stations de radionavigation aéronautique dans la bande 15,4-15,7 GHz.

– On peut aussi utiliser cette méthode conjointement avec des techniques d'atténuation des effets des brouillages pour réduire au minimum les distances de séparation au moment de la coordination.

– Avec une limite fixée à 5° pour l'angle d'élévation de sorte que seuls les lobes latéraux des antennes de station terrienne de liaison de connexion soient en direction de l'horizon, une distance de coordination de l'ordre de 150 km est raisonnable pour les ALS et de 60 km pour les systèmes radars de détection et de mesure, mesurée depuis l'aire d'atterrissage.

– Les MPR peuvent fonctionner sans coordination lorsqu'ils sont distants de plus de 600 km des stations terriennes de liaison de connexion (par exemple au-dessus de zones océaniques).

RECOMMANDATION UIT-R S.1428-1

Diagrammes de rayonnement de référence de station terrienne du SFS, à utiliser pour l'évaluation des brouillages faisant intervenir des satellites non OSG dans des bandes de fréquences comprises entre 10,7 GHz et 30 GHz

(Question UIT-R 42/4)

(2000-2001)

L'Assemblée des radiocommunications de l'UIT,

considérant

a) que, pour les antennes de station terrienne du service fixe par satellite (SFS), la Recommandation UIT-R S.465 prescrit un diagramme de rayonnement d'antenne de référence qui donne une enveloppe des crêtes des lobes latéraux;

b) qu'il est nécessaire d'utiliser les diagrammes de référence d'antenne donnant les enveloppes des crêtes pour calculer les brouillages faisant intervenir un récepteur non mobile et une source de brouillage unique non mobile, afin qu'il soit tenu compte du cas le plus défavorable, configuration qui prédominait dans le SFS par le passé;

c) que, dans le cas où il existe plusieurs récepteurs ou sources de brouillage dont les positions varient beaucoup avec le temps, le niveau du brouillage reçu dépend nécessairement des creux et des crêtes du diagramme de gain des lobes latéraux de l'antenne de la victime ou de la source de brouillage, respectivement, et que le nombre de cas semblables augmente rapidement dans le SFS;

d) que, pour les stations terriennes du SFS, il convient d'utiliser un diagramme de rayonnement d'antenne de référence approprié pour calculer les brouillages faisant intervenir des sources ou des récepteurs mobiles;

e) que, pour en faciliter l'utilisation dans le cadre de simulations de brouillage par ordinateur, le diagramme de référence d'une antenne doit prendre en compte tous les angles hors axe compris entre 0° et ±180° dans tous les plans passant par l'axe principal;

f) que le diagramme de référence d'une antenne doit être compatible avec la théorie des antennes et avec les résultats des mesures effectuées dans une gamme d'antennes de station terrienne du SFS aussi vaste que possible;

g) qu'il serait peut-être approprié d'établir différents diagrammes de référence d'antenne pour différentes valeurs du rapport D/λ et pour différentes bandes de fréquences du SFS;

h) que, pour spécifier la qualité de fonctionnement de l'antenne, les diagrammes de référence de l'enveloppe des crêtes figurant dans la Recommandation UIT-R S.580 sont appropriés;

j) que l'utilisation du diagramme de référence d'une antenne doit conduire à des niveaux de brouillage représentatifs de ceux qui sont reçus par des antennes conformes aux Recommandations pertinentes UIT-R sur les diagrammes d'antenne,

recommande

1 d'utiliser, pour les calculs de brouillage faisant intervenir des sources de brouillage mobiles et/ou des récepteurs mobiles victimes de brouillage du SFS, le diagramme de rayonnement d'antenne de référence de station terrienne ci-après:

Pour $20 \leq \frac{D}{\lambda} \leq 25$:

$$G(\varphi) = G_{max} - 2{,}5 \times 10^{-3} \left(\frac{D}{\lambda}\varphi\right)^2 \quad \text{dBi} \qquad \text{pour } 0 < \varphi < \varphi_m$$

$$G(\varphi) = G_1 \qquad \text{pour } \varphi_m \leq \varphi < \left(95\frac{\lambda}{D}\right)$$

$$G(\varphi) = 29 - 25 \log \varphi \quad \text{dBi} \qquad \text{pour } 95\frac{\lambda}{D} \leq \varphi < 33{,}1°$$

$$G(\varphi) = -9 \quad \text{dBi} \qquad \text{pour } 33{,}1° < \varphi \leq 80°$$

$$G(\varphi) = -5 \quad \text{dBi} \qquad \text{pour } 80° < \varphi \leq 180°$$

Pour $25 < \frac{D}{\lambda} \leq 100$:

$$G(\varphi) = G_{max} - 2{,}5 \times 10^{-3} \left(\frac{D}{\lambda}\varphi\right)^2 \quad \text{dBi} \qquad \text{pour } 0 < \varphi < \varphi_m$$

$$G(\varphi) = G_1 \qquad \text{pour } \varphi_m \leq \varphi < \left(95\frac{\lambda}{D}\right)$$

$$G(\varphi) = 29 - 25 \log \varphi \quad \text{dBi} \qquad \text{pour } 95\frac{\lambda}{D} \leq \varphi \leq 33{,}1°$$

$$G(\varphi) = -9 \quad \text{dBi} \qquad \text{pour } 33{,}1° < \varphi \leq 80°$$

$$G(\varphi) = -4 \quad \text{dBi} \qquad \text{pour } 80° < \varphi \leq 120°$$

$$G(\varphi) = -9 \quad \text{dBi} \qquad \text{pour } 120° < \varphi \leq 180°$$

où:

D: diamètre de l'antenne

λ: longueur d'onde exprimé dans les mêmes unités*

φ: angle hors axe de l'antenne (degrés)

$$G_{max} = 20 \log \left(\frac{D}{\lambda}\right) + 7{,}7 \quad \text{dBi}$$

$$G_1 = 29 - 25 \log \left(95\frac{\lambda}{D}\right)$$

$$\varphi_m = \frac{20\,\lambda}{D}\sqrt{G_{max} - G_1} \quad \text{degrés}$$

* D est le diamètre équivalent pour les antennes non symétriques.

Pour $\frac{D}{\lambda} > 100$:

$$G(\varphi) = G_{max} - 2{,}5 \times 10^{-3} \left(\frac{D}{\lambda}\varphi\right)^2 \quad \text{dBi} \qquad \text{pour } 0 < \varphi < \varphi_m$$

$$G(\varphi) = G_1 \qquad \text{pour } \varphi_m \le \varphi < \varphi_r$$

$$G(\varphi) = 29 - 25 \log \varphi \quad \text{dBi} \qquad \text{pour } \varphi_r \le \varphi < 10°$$

$$G(\varphi) = 34 - 30 \log \varphi \quad \text{dBi} \qquad \text{pour } 10° \le \varphi < 34{,}1°$$

$$G(\varphi) = -12 \quad \text{dBi} \qquad \text{pour } 34{,}1° \le \varphi < 80°$$

$$G(\varphi) = -7 \quad \text{dBi} \qquad \text{pour } 80° \le \varphi < 120°$$

$$G(\varphi) = -12 \quad \text{dBi} \qquad \text{pour } 120° \le \varphi \le 180°$$

où:

$$G_{max} = 20 \log \left(\frac{D}{\lambda}\right) + 8{,}4 \quad \text{dBi}$$

$$G_1 = -1 + 15 \log \frac{D}{\lambda} \quad \text{dBi}$$

$$\varphi_m = \frac{20\,\lambda}{D}\sqrt{G_{max} - G_1} \quad \text{degrés}$$

$$\varphi_r = 15{,}85 \left(\frac{D}{\lambda}\right)^{-0{,}6} \quad \text{degrés}$$

NOTE 1 – Pour les calculs ou la simulation par ordinateur de la puissance totale à la sortie de l'antenne due à plusieurs sources de brouillage à polarisations diverses, il faut supposer que la contribution des composantes contrapolaires aux angles hors axe de 30° au plus et dans les régions de débordement de 120° au plus est négligeable. En dehors de ces plages angulaires, même si une antenne parabolique présente un très faible découplage de polarisation, dans les calculs des brouillages non OSG/OSG, la contribution des composantes contrapolaires peut être omise.

NOTE 2 – La présente Recommandation se fonde sur des études menées pour une série d'antennes paraboliques. Elle appelle un complément d'étude sur l'applicabilité des diagrammes de référence recommandés pour les antennes réseaux planes.

NOTE 3 – La présente Recommandation pourra être révisée ultérieurement lorsque les données sur la qualité de fonctionnement mesurée des antennes dans la gamme 20/30 GHz seront disponibles.

NOTE 4 – Au sens de la présente Recommandation, le terme mobile(s), lorsqu'appliqué à une station terrienne du SFS, désigne une station terrienne de poursuite du SFS et non une station terrienne mobile.

RECOMMANDATION UIT-R BO.1443-2

Diagrammes de référence des antennes de stations terriennes du service de radiodiffusion par satellite à utiliser pour l'évaluation des brouillages faisant intervenir des satellites non géostationnaires dans les bandes de fréquences visées à l'Appendice 30 du RR*

(Question UIT-R 73/6)

(2000-2002-2006)

Domaine de compétence

La présente Recommandation vise à fournir, pour le service de radiodiffusion par satellite (SRS), des diagrammes de référence d'antenne de station terrienne tridimensionnels, qui peuvent être utilisés dans le calcul des brouillages causés par des satellites non OSG du SFS à des antennes de station terrienne du SRS.

L'Assemblée des radiocommunications de l'UIT,

considérant

a) que pour les antennes de station terrienne du service de radiodiffusion par satellite (SRS), les diagrammes de référence des antennes de réception du SRS OSG spécifiés dans l'Annexe 5 de l'Appendice 30 du RR ont été utilisés pour l'élaboration des Plans du SRS et définissent une enveloppe des lobes latéraux;

b) que de tels diagrammes de référence sont nécessaires pour les calculs de brouillage faisant intervenir des récepteurs fixes ou transportables et des satellites OSG du SRS en vue de garantir une protection adéquate des Plans du SRS;

c) que dans les cas où il existe plusieurs sources de brouillage dont les positions varient fortement en fonction du temps, le niveau de brouillage reçu inévitablement dépend des crêtes et des creux du diagramme de gain de l'antenne de la station terrienne du SRS brouillée;

d) que pour les stations terriennes du SRS, il est nécessaire de disposer de diagrammes de référence appropriés pour évaluer les brouillages causés par des systèmes du SFS non OSG;

e) que pour faciliter la simulation informatique des brouillages, les diagrammes de référence doivent couvrir tous les angles hors axe compris entre 0° et ±180° dans tous les plans;

f) que les diagrammes de référence doivent correspondre aux résultats des mesures effectuées sur un large éventail d'antennes de stations terriennes grand public du SRS;

g) qu'il convient de spécifier différents diagrammes de référence pour différentes tailles d'antenne;

---

* La base des diagrammes de référence contenus dans la présente Recommandation ainsi que la méthode d'analyse et de représentation des données permettant de mesurer la qualité de l'ajustement des ensembles de données au diagramme recommandé figurent dans le Rapport UIT-R BO.2029 – Mesures du diagramme d'antenne de station terrienne du Service de radiodiffusion par satellite et analyses associées. Ce rapport ainsi que les ensembles de données brutes et les feuilles d'analyse utilisées pour effectuer l'analyse graphique figurent sur un CD-ROM qui peut être obtenu auprès de l'UIT.

h) que les caractéristiques de ces diagrammes peuvent être importantes pour la modélisation des brouillages non OSG, comme par exemple dans le cas de petites antennes à alimentation décalée,

recommande

1 d'utiliser pour les calculs des brouillages causés par des satellites du SFS non OSG à des stations terriennes du SRS, les diagrammes de référence de station terrienne décrits dans l'Annexe 1;

2 d'utiliser la méthode décrite dans l'Annexe 2 pour convertir les angles relatifs d'azimut et d'élévation du satellite non OSG considéré dans le même système de coordonnées que celui utilisé pour le diagramme de rayonnement tridimensionnel;

3 de considérer que les Notes ci-dessous font partie intégrante de la présente Recommandation:

NOTE 1 – Le diagramme de rayonnement en polarisation croisée peut présenter une certaine importance dans les calculs des brouillages causés par des satellites non OSG. Ce sujet appelle un complément d'étude.

NOTE 2 – La présente Recommandation se fonde sur des mesures et sur une analyse des antennes paraboloïdes. Si l'on met au point ou l'on envisage d'utiliser dans le SRS de nouvelles antennes de station terrienne, les diagrammes de référence donnés dans la présente Recommandation devront alors être réactualisés.

Annexe 1

Diagrammes de référence d'antenne du SRS

Pour $11 \leq D/\lambda \leq 25{,}5$

$$G(\varphi) = G_{max} - 2{,}5 \times 10^{-3}\left(\frac{D\varphi}{\lambda}\right)^2 \qquad \text{pour} \qquad 0 \leq \varphi < \varphi_m$$

$$G(\varphi) = G_1 \qquad \text{pour} \qquad \varphi_m \leq \varphi < 95\lambda/D$$

$$G(\varphi) = 29 - 25\log(\varphi) \qquad \text{pour} \qquad 95\lambda/D \leq \varphi < 36{,}3°$$

$$G(\varphi) = -10 \qquad \text{pour} \qquad 36{,}3° \leq \varphi < 50°$$

pour $56{,}25° \leq \theta < 123{,}75°$

$$G(\varphi) = M_1 \cdot \log(\varphi) - b_1 \qquad \text{pour} \qquad 50° \leq \varphi < 90°$$

$$G(\varphi) = M_2 \cdot \log(\varphi) - b_2 \qquad \text{pour} \qquad 90° \leq \varphi < 180°$$

où:

$$M_1 = \frac{2 + 8 \cdot \sin(\theta)}{\log\left(\frac{90}{50}\right)} \qquad \text{et} \qquad b_1 = M_1 \cdot \log(50) + 10$$

où:

$$M_2 = \frac{-9 - 8 \cdot \sin(\theta)}{\log\left(\frac{180}{90}\right)} \qquad \text{et} \qquad b_2 = M_2 \cdot \log(180) + 17$$

pour $0° \leq \theta < 56,25°$ et $123,75° \leq \theta < 180°$

$$G(\varphi) = M_3 \cdot \log(\varphi) - b_3 \qquad \text{pour} \quad 50° \leq \varphi < 120°$$

$$G(\varphi) = M_4 \cdot \log(\varphi) - b_4 \qquad \text{pour} \quad 120° \leq \varphi < 180°$$

où:

$$M_3 = \frac{2 + 8 \cdot \sin(\theta)}{\log\left(\frac{120}{50}\right)} \qquad \text{et} \qquad b_3 = M_3 \cdot \log(50) + 10$$

où:

$$M_4 = \frac{-9 - 8 \cdot \sin(\theta)}{\log\left(\frac{180}{120}\right)} \qquad \text{et} \qquad b_4 = M_4 \cdot \log(180) + 17$$

pour $180° \leq \theta < 360°$

$$G(\varphi) = M_5 \cdot \log(\varphi) - b_5 \qquad \text{pour} \quad 50° \leq \varphi < 120°$$

$$G(\varphi) = M_6 \cdot \log(\varphi) - b_6 \qquad \text{pour} \quad 120° \leq \varphi < 180°$$

où:

$$M_5 = \frac{2}{\log\left(\frac{120}{50}\right)} \qquad \text{et} \qquad b_5 = M_5 \cdot \log(50) + 10$$

où:

$$M_6 = \frac{-9}{\log\left(\frac{180}{120}\right)} \qquad \text{et} \qquad b_6 = M_6 \cdot \log(180) + 17$$

où:

D: diamètre d'antenne

λ: longueur d'onde exprimée dans la même unité que le diamètre

G: gain

φ: angle hors axe de l'antenne par rapport à l'axe de visée (degrés)

θ: angle plan de l'antenne (degrés) (azimut 0° correspond au plan horizontal).

$$G_{max} = 20 \log\left(\frac{D}{\lambda}\right) + 8{,}1 \qquad \text{dBi}$$

$$G_1 = 29 - 25 \log\left(95 \frac{\lambda}{D}\right) \qquad \text{dBi}$$

$$\varphi_m = \frac{\lambda}{D} \sqrt{\frac{G_{max} - G_1}{0{,}0025}} \qquad \text{degrés}$$

Pour $25{,}5 < D/\lambda \leq 100$

$G(\varphi) = G_{max} - 2{,}5 \times 10^{-3} (D\varphi/\lambda)^2$	dBi	pour	$0 < \varphi < \varphi_m$
$G(\varphi) = G_1$		pour	$\varphi_m \leq \varphi < (95\lambda/D)$
$G(\varphi) = 29 - 25 \log \varphi$	dBi	pour	$(95\lambda/D) \leq \varphi < 33{,}1°$
$G(\varphi) = -9$	dBi	pour	$33{,}1° < \varphi \leq 80°$
$G(\varphi) = -4$	dBi	pour	$80° < \varphi \leq 120°$
$G(\varphi) = -9$	dBi	pour	$120° < \varphi \leq 180°$

où:

$$G_{max} = 20 \log (D/\lambda) + 8{,}1 \qquad \text{dBi}$$

$$G_1 = 29 - 25 \log (95\lambda/D) \qquad \text{dBi}$$

$$\varphi_m = (\lambda/D) \sqrt{\frac{G_{max} - G_1}{0{,}0025}}$$

Pour $D/\lambda > 100$

$G(\varphi) = G_{max} - 2{,}5 \times 10^{-3} (D\varphi/\lambda)^2$	dBi	pour	$0 < \varphi < \varphi_m$
$G(\varphi) = G_1$		pour	$\varphi_m \leq \varphi < \varphi_r$
$G(\varphi) = 29 - 25 \log \varphi$	dBi	pour	$\varphi_r \leq \varphi < 10°$
$G(\varphi) = 34 - 30 \log \varphi$	dBi	pour	$10° \leq \varphi < 34{,}1°$
$G(\varphi) = -12$	dBi	pour	$34{,}1° \leq \varphi < 80°$
$G(\varphi) = -7$	dBi	pour	$80° \leq \varphi < 120°$
$G(\varphi) = -12$	dBi	pour	$120° \leq \varphi < 180°$

où:

$$G_{max} = 20 \log (D/\lambda) + 8{,}1 \qquad \text{dBi}$$

$$G_1 = -1 + 15 \log (D/\lambda) \qquad \text{dBi}$$

$$\varphi_m = (\lambda/D) \sqrt{\frac{G_{max} - G_1}{0{,}0025}}$$

$$\varphi_r = 15{,}85 (D/\lambda)^{-0{,}6} \qquad \text{degrés}$$

Annexe 2

Conversions géométriques à utiliser avec le modèle d'antenne 3-D

Définition de θ

Le symbole θ représente l'angle plan entre la direction du satellite non OSG et le plan à zéro degré du modèle d'antenne (correspondant au système d'antenne ventrale standard à alimentation décalée). Observée depuis la station terrienne, la droite θ = 0 est vers la droite et l'angle θ croît dans le sens inverse des aiguilles d'une montre.

Méthode de calcul

La Fig. 1 représente une méthode géométrique permettant de calculer l'angle plan θ. Toutes les valeurs dans les calculs sont exprimées en degrés, mais on doit généralement les convertir en radians pour calculer des valeurs trigonométriques.

Données d'entrée

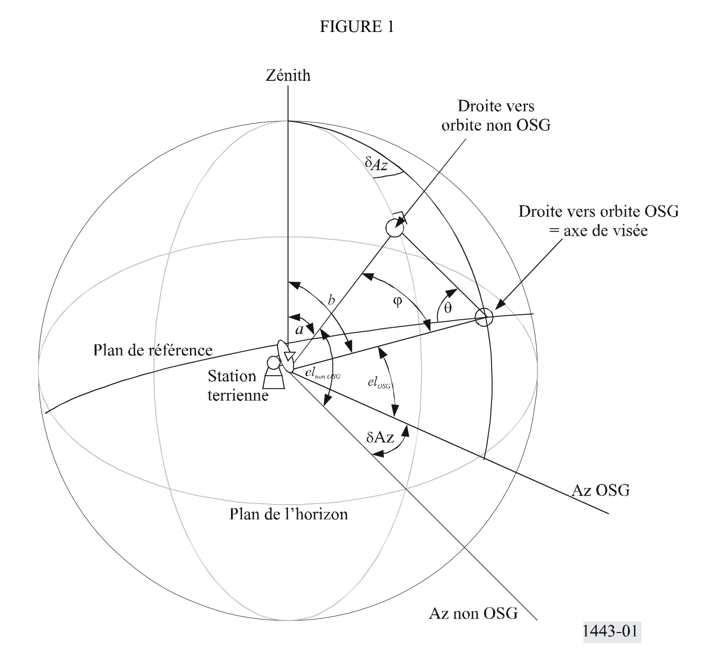
satellite OSG (*azimut*, *élévation*)

satellite non OSG (*azimut*, *élévation*)

NOTE 1 – On a besoin de connaître la différence des valeurs d'azimut; par conséquent, si cette différence est connue, les valeurs d'azimut réelles ne sont pas nécessaires.

Le calcul de ces paramètres à partir des vecteurs de chaque station est décrit ci-après.

FIGURE 1



D'après la Fig. 1:

$$a = 90 - el_{non\,OSG}$$

$$b = 90 - el_{OSG}$$

$$\delta Az = Az_{non\,OSG} - Az_{OSG}$$

δAz doit être compris dans l'intervalle {–180 et +180}

On peut alors calculer l'angle hors axe φ (espacement angulaire topocentrique entre deux satellites) au moyen de la formule de géométrie sphérique suivante:

$$\cos(c) = \cos(a)\cos(b) + \sin(a)\sin(b)\cos(C)$$

avec $C = \delta Az$ et $c = \varphi$.

On peut employer la même formule pour définir un angle B:

$$\cos(B) = \frac{\cos(b) - \cos(c)\cos(a)}{\sin(c)\sin(a)}$$

à partir de laquelle on peut calculer l'angle plan θ:

si ($\delta Az > 0$ et $B < 90$) $\theta = 90 - B$

si ($\delta Az > 0$ et $B > 90$) $\theta = 450 - B$

si ($\delta Az < 0$) $\theta = 90 + B$

Dans le cas où les deux satellites ont le même azimut ($\delta Az = 0$), alors

$$\varphi = \left| el_{OSG} - el_{non\,OSG} \right|$$

si $el_{OSG} > el_{non\,OSG}$ $\theta = 270$

sinon $\theta = 90$

Exemple de données

Pour les positions suivantes:

Station	Latitude (degrés)	Longitude (degrés)	Hauteur (km)
Station terrienne	10	20	0
Satellite OSG	0	30	35 786,055
Satellite non OSG	0	–5	1 469,200

On peut alors calculer pour la station terrienne les angles d'azimut/d'élévation ci-après (par rapport à l'horizon de la station terrienne et en direction du nord):

Station	Azimut (degrés)	Elévation (degrés)
Satellite OSG	134,5615	73,4200
Satellite non OSG	–110,4248	10,0300

Ce qui donne les valeurs suivantes pour l'angle hors axe et l'angle plan:

Station	φ (hors axe) (degrés)	θ (plan) (degrés)
Satellite non OSG	87,2425	26,69746

Calcul des angles d'azimut et d'élévation

On utilisera les éléments suivants pour calculer les angles d'azimut et d'élévation à partir des vecteurs concernés.

Soit:

Le vecteur de position de la station terrienne: $\underline{r}_G$

Le vecteur de position du satellite OSG: $\underline{r}_S$

Le vecteur de position du satellite non OSG: $\underline{r}_N$

On crée alors:

Le vecteur entre la station terrienne et l'orbite OSG $\underline{r}_{GS} = \underline{r}_S - \underline{r}_G$

Le vecteur entre la station terrienne et l'orbite non OSG $\underline{r}_{GN} = \underline{r}_N - \underline{r}_G$

Le vecteur unitaire suivant le vecteur de position de la station terrienne $\hat{\underline{r}}_G$

Les angles d'élévation sont alors les suivants:

$$el_S = 90 - \angle(\underline{r}_{GS}, \underline{r}_G)$$

$$el_N = 90 - \angle(\underline{r}_{GN}, \underline{r}_G)$$

Pour calculer la différence des valeurs d'azimut, on projette le vecteur entre la station terrienne et l'orbite OSG et le vecteur entre la station terrienne et l'orbite non OSG sur le plan horizontal perpendiculaire au vecteur du zénith, c'est-à-dire:

$$\underline{r}'_{GS} = \underline{r}_{GS} - \left(\hat{\underline{r}}_G \cdot \underline{r}_{GS}\right)\hat{\underline{r}}_G$$

$$\underline{r}'_{GN} = \underline{r}_{GN} - \left(\hat{\underline{r}}_G \cdot \underline{r}_{GN}\right)\hat{\underline{r}}_G$$

Alors:

$$\delta Az = \angle(\underline{r}'_{GS}, \underline{r}'_{GN})$$

Le signe de δAz sera le même que celui de la différence entre les longitudes des deux satellites.

____

RECOMMANDATION UIT-R M.1583-1*

Calcul des brouillages produits par un système à satellites non géostationnaire du service mobile par satellite ou du service de radionavigation par satellite au niveau des sites de radioastronomie

(Question UIT-R 236/8)

(2002-2007)

Domaine d'application

La présente Recommandation décrit une méthodologie à utiliser pour calculer l'importance de la perte de données due aux brouillages produits par un système à satellites non géostationnaire (non OSG) du service mobile par satellite ou de radionavigation par satellite au niveau d'un site de radioastronomie. Cette méthodologie est basée sur le calcul de la puissance surfacique équivalente (epfd) produite par le système actif considéré au niveau du site de radioastronomie.

L'Assemblée des radiocommunications de l'UIT,

considérant

a) que, dans certains cas, des bandes de fréquences proches ou adjacentes ont été attribuées au service de radioastronomie et aux services spatiaux (espace vers Terre);

b) que l'exploitation du service de radioastronomie est fondée sur la réception d'émissions à des niveaux de puissance bien inférieurs à ceux généralement utilisés pour d'autres services de radiocommunication;

c) qu'en raison de ces faibles niveaux de puissance reçue, le service de radioastronomie est généralement plus susceptible que d'autres services d'être brouillé par des rayonnements non désirés;

d) que, du fait des caractéristiques des systèmes à satellites non géostationnaires (non OSG) et notamment de la nature non stationnaire de leurs émissions, les niveaux de brouillages causés par ce type de satellites aux radiotélescopes ne peuvent être évalués de la même manière que pour le cas de satellites OSG,

recommande

1 que la méthode décrite dans l'Annexe 1 soit utilisée pour déterminer les niveaux de rayonnements non désirés produits par un système à satellites non OSG du service de radionavigation par satellite ou du service mobile par satellite au niveau de sites de radioastronomie;

2 que le diagramme d'antenne présenté dans la Recommandation UIT-R RA.1631 serve à modéliser les antennes de radioastronomie pour déterminer les niveaux de rayonnements susmentionnés;

---

* La présente Recommandation doit être portée à l'attention de la Commission d'études 7 des radiocommunications.

3 que le pourcentage de temps durant lequel on observe un dépassement d'un niveau de seuil de puissance surfacique équivalente (epfd) soit également déterminé conformément à la méthode décrite dans l'Annexe 2.

Annexe 1

Calculs des niveaux de rayonnements non désirés produits par un système à satellites non OSG du service de radionavigation par satellite ou du service mobile par satellite au niveau des sites de radioastronomie

La méthode décrite ici, fondée sur le concept de «puissance surfacique équivalente» (epfd), vise à permettre le calcul des niveaux de puissance surfacique produits par les rayonnements non désirés d'un système à satellites non OSG et subis par des radiotélescopes, compte tenu des caractéristiques du système à satellites et de l'antenne du radiotélescope considérés. Cette epfd correspond à la somme des rayonnements produits par tous les satellites; on la modélise par la puissance surfacique rayonnée par une source unique équivalente située sur l'axe de visée (valeur maximale du faisceau principal) du radiotélescope.

1 Paramètres requis

Du fait des caractéristiques propres aux systèmes à satellites non OSG, il est clair que les niveaux de brouillages causés par ce type de satellites et subis par un radiotélescope ne peuvent être évalués de la même manière que pour le cas de satellites OSG. Il est nécessaire d'utiliser une méthode statistique tenant compte de l'aspect évolutif lié aux satellites non OSG.

L'estimation des brouillages causés par les satellites et subis par un radiotélescope pendant la durée d'intégration (2 000 s) doit être fondée sur des calculs statistiques et doit tenir compte des paramètres associés aux satellites ou au radiotélescope.

Les paramètres à considérer pour les systèmes à satellites non OSG sont les suivants:

– le nombre de satellites visibles dans le ciel depuis la station de radioastronomie;
– les caractéristiques orbitales détaillées des satellites;
– la puissance surfacique rayonnée par chaque satellite au niveau du radiotélescope dans la bande de radioastronomie considérée, qui peut être estimée en utilisant un modèle de gabarit de rayonnements non désirés.

Les paramètres à considérer pour le radiotélescope sont les suivants:

– l'emplacement de l'antenne;
– le diagramme d'antenne et le gain d'antenne;
– les directions de pointage utilisées dans la pratique;
– la direction de pointage suivant l'axe de visée;
– les angles hors axe entre l'axe de visée de l'antenne de la station de radioastronomie et les directions d'émission des satellites;
– la durée d'intégration (2 000 s).

2 Calcul des niveaux d'epfd au niveau des sites de radioastronomie

Le gain de réception d'un radiotélescope en direction d'un satellite non OSG varie dans le temps (contrairement au cas d'un satellite OSG), essentiellement parce que le satellite se déplace sur son orbite et que le diagramme des lobes latéraux du radiotélescope présente une structure angulaire fine. Le gain du télescope en direction d'un satellite donné est parfois bien supérieur à 0 dBi, ou peut être inférieur à cette valeur.

Par ailleurs, dans le cas d'un système non OSG à plusieurs satellites, il faut tenir dûment compte des contributions des différents satellites.

On peut pour ce faire utiliser le concept d'epfd défini initialement pour évaluer les conditions de partage possibles entre systèmes OSG et non OSG. Ce concept est développé au paragraphe ci-dessous dans le cas d'une station de radioastronomie brouillée par des satellites non OSG.

2.1 Définition de l'epfd

Soit une antenne recevant dans sa largeur de bande de référence une puissance émanant de plusieurs émetteurs situés à des distances diverses suivant des directions variées et émettant différents niveaux de puissance surfacique incidente. La puissance epfd reçue par cette antenne est égale à la puissance surfacique qui, générée par un émetteur unique situé dans le champ lointain de l'antenne suivant la direction de gain maximal de celle-ci, produirait à l'entrée de l'antenne une puissance égale à la somme des différentes puissances effectivement reçues en provenance des divers émetteurs.

On calcule l'epfd instantanée en utilisant la formule suivante:

$$epfd = 10 \log_{10} \left[\sum_{i=1}^{N_a} 10^{\frac{P_i}{10}} \cdot \frac{G_t(\theta_i)}{4\pi\, d_i^2} \cdot \frac{G_r(\varphi_i)}{G_{r,max}} \right] \qquad (1)$$

où:

N_a: nombre de stations spatiales non OSG visibles depuis le radiotélescope

i: index de la station spatiale non OSG considérée

P_i: puissance radioélectrique de rayonnements non désirés à l'entrée de l'antenne (ou puissance radioélectrique rayonnée dans le cas d'une antenne active) générée par la station spatiale émettrice considérée du système non OSG (dBW) dans la largeur de bande de référence

θ_i: angle (degrés) entre l'axe de visée de la station spatiale émettrice considérée appartenant au système non OSG et la direction du radiotélescope

$G_t(\theta_i)$: gain (exprimé par un rapport de puissances) de l'antenne d'émission de la station spatiale considérée appartenant au système non OSG en direction du radiotélecospe

d_i: distance (m) entre la station émettrice considérée appartenant au système non OSG et le radiotélescope

φ_i: angle hors axe (degrés) entre la direction de pointage du radiotélescope et la direction de la station spatiale émettrice considérée appartenant au système non OSG

$G_r(\theta_i)$: gain (exprimé par un rapport de puissances) de l'antenne de réception du radiotélescope en direction de la station spatiale d'émission considérée appartenant au système non OSG (voir la Recommandation UIT-R RA.1631)

$G_{r,max}$: gain (exprimé par un rapport de puissances) maximal du radiotélescope

epfd: puissance surfacique équivalente instantanée (dB(W/m^2)) dans la largeur de bande de référence au niveau du radiotélescope.

On suppose pour le calcul de l'epfd suivant l'équation (1) que la puissance surfacique résultante de toutes les sources de brouillage est dirigée suivant l'axe de visée de l'antenne de réception (axe de gain maximal). Toutefois, le critère de protection de radioastronomie est fondé sur un contour d'antenne à 0 dBi. En utilisant la même approche que pour l'équation (1), on peut déterminer comme suit la puissance surfacique produite par l'ensemble des sources de brouillage pointant vers le gain à 0 dBi de l'antenne de réception:

$$epfd_{G_r=0\ \text{dBi}} = 10 \log_{10}\left[\sum_{i=1}^{N_a} 10^{\frac{P_i}{10}} \cdot \frac{G_t(\theta_i)}{4\pi\, d_i^2} \cdot G_r(\varphi_i)\right] \qquad (2)$$

Les valeurs $epfd_{G_r=0\ \text{dBi}}$ résultant de l'équation (2) après établissement des valeurs moyennes sous forme linéaire pour une durée d'intégration de 2 000 s, peuvent être comparées aux niveaux des puissances surfaciques (définis en supposant un gain de l'antenne en réception de 0 dBi en direction des brouillages, pour cette durée d'intégration).

NOTE 1 – On suppose que chaque émetteur est situé dans le champ lointain du radiotélescope (c'est-à-dire à une distance supérieure à $2D^2/\lambda$, où D est le diamètre réel du radiotélescope et λ la longueur d'onde d'observation). Bien qu'elle ne soit pas satisfaisante dans toutes les conditions, on considère qu'il s'agit là d'une bonne approximation.

NOTE 2 – La direction de gain maximal (c'est-à-dire l'axe de visée) de certains télescopes ne coïncide pas toujours avec l'axe géométrique de l'instrument.

NOTE 3 – Dans le cas d'antennes actives, P_i correspond à la puissance radioélectrique rayonnée et non à la puissance à l'entrée de l'antenne.

NOTE 4 – La valeur à utiliser pour le gain d'antenne $G_t(\theta_i)$ de la station émettrice est celle qui correspond à la fréquence d'observation du radiotélescope. Elle peut être différente de celle associée aux fréquences d'exploitation de la station.

Annexe 2

Distribution des niveaux d'epfd

On décrit dans la présente Annexe une méthode permettant de calculer des statistiques de puissance epfd sur la globalité du ciel.

1 Division du ciel en cellules d'angles solides à peu près égaux

La première étape consiste à diviser le ciel en M anneaux parallèles à l'horizon, espacés régulièrement suivant l'axe de l'angle d'élévation (qui varie entre 0° et 90°). La largeur de chaque anneau est de $90/M$°. On divise ensuite ces anneaux en cellules, dont la largeur suivant l'axe azimutal (choisie de telle manière qu'un anneau contienne un nombre entier de cellules) est approximativement égale à:

$$\frac{90 / M}{\cos(\textit{élévation})} \quad \text{degrés}$$

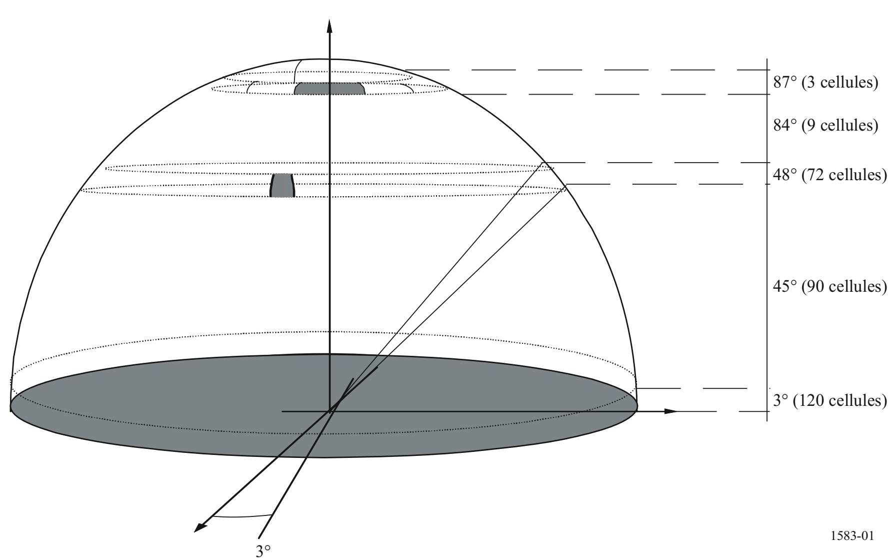
Sur la Fig. 1 le pas de division choisi suivant l'axe de l'angle d'élévation est de 3°, ce qui conduit à diviser le ciel en 30 anneaux. La largeur d'une cellule suivant l'axe azimutal est donc d'environ:

$$\frac{90\,/\,30}{\cos(\textit{élévation})} \qquad \text{degrés}$$

Le terme élévation apparaissant dans la formule précédente correspond à l'élévation moyenne de l'anneau considéré.

FIGURE 1

Exemple de division du ciel en cellules d'environ 9 degrés carrés d'angle solide



On divise ainsi le ciel en 2 334 cellules d'environ 9 degrés carrés d'angle solide. Le Tableau 1 indique notamment le nombre de cellules des différents anneaux de notre exemple.

TABLEAU 1

Exemple de division du ciel en cellules rectangulaires d'environ 9 degrés carrés d'angle solide

Angle d'élévation de la partie inférieure de l'anneau (degrés)	Angle solide de l'anneau (degrés carrés)	Angle solide cumulé (degrés carrés)	Pas azimutal (degrés)	Nombre de cellules dans l'anneau	Angle solide d'une cellule (degrés carrés)	Nombre de cellules cumulées	Pourcentage d'angle solide (%)	Angle solide cumulé (%)
0	1 079,51	1 079,51	3	120	9,00	120	5,23	5,23
3	1 076,55	2 156,05	3	120	8,97	240	5,22	10,45
6	1 070,64	3 226,69	3	120	8,92	360	5,19	15,64
9	1 061,79	4 288,49	3	120	8,85	480	5,15	20,79

TABLEAU 1 (*fin*)

Angle d'élévation de la partie inférieure de l'anneau (degrés)	Angle solide de l'anneau (degrés carrés)	Angle solide cumulé (degrés carrés)	Pas azimutal (degrés)	Nombre de cellules dans l'anneau	Angle solide d'une cellule (degrés carrés)	Nombre de cellules cumulées	Pourcentage d'angle solide (%)	Angle solide cumulé (%)
12	1 050,04	5 338,53	3	120	8,75	600	5,09	25,88
15	1 035,41	6 373,93	3	120	8,63	720	5,02	30,90
18	1 017,94	7 391,87	3	120	8,48	840	4,94	35,84
21	997,68	8 389,55	3	120	8,31	960	4,84	40,67
24	974,68	9 364,23	3	120	8,12	1 080	4,73	45,40
27	949,01	1 0313,24	3	120	7,91	1 200	4,60	50,00
30	920,75	11 233,99	4	90	10,23	1 290	4,46	54,46
33	889,95	12 123,94	4	90	9,89	1 380	4,31	58,78
36	856,72	12 980,66	4	90	9,52	1 470	4,15	62,93
39	821,14	13 801,81	4	90	9,12	1 560	3,98	66,91
42	783,31	14 585,12	4	90	8,70	1 650	3,80	70,71
45	743,34	15 328,46	4	90	8,26	1 740	3,60	74,31
48	701,32	16 029,79	5	72	9,74	1 812	3,40	77,71
51	657,39	16 687,17	5	72	9,13	1 884	3,19	80,90
54	611,65	17 298,82	5	72	8,50	1 956	2,97	83,87
57	564,23	17 863,06	6	60	9,40	2 016	2,74	86,60
60	515,27	18 378,33	6	60	8,59	2 076	2,50	89,10
63	464,90	18 843,23	6	60	7,75	2 136	2,25	91,35
66	413,25	19 256,48	8	45	9,18	2 181	2,00	93,36
69	360,47	19 616,95	9	40	9,01	2 221	1,75	95,11
72	306,70	19 923,65	10	36	8,52	2 257	1,49	96,59
75	252,09	20 175,74	12	30	8,40	2 287	1,22	97,81
78	196,79	20 372,53	18	20	9,84	2 307	0,95	98,77
81	140,95	20 513,49	24	15	9,40	2 322	0,68	99,45
84	84,73	20 598,21	40	9	9,41	2 331	0,41	99,86
87	28,27	20 626,48	120	3	9,42	2 334	0,14	100,00

2 Distribution de l'epfd pour une cellule

On choisit aléatoirement une direction de pointage de l'antenne du service de radioastronomie, qui pointe alors vers une des cellules du ciel définies ci-dessus. On choisit ensuite aléatoirement l'instant de début d'exploitation de la constellation de satellites. La valeur d'epfd est alors évaluée à différents instants de cette durée d'intégration de 2000 s. On calcule enfin la valeur moyenne de puissance epfd obtenue durant ce temps d'intégration, pour la direction de pointage et l'instant de début d'exploitation choisis.

Ce processus est répété pour obtenir une distribution statistique de l'epfd produite par la cellule visée. On procède ainsi à un certain nombre de tirages aléatoires, conduisant chacun au calcul d'epfd moyenne pour une durée d'intégration de 2000 s. Plus le nombre de tirages est grand, et plus la distribution obtenue est précise. Le nombre de tirages doit être suffisamment élevé pour conférer

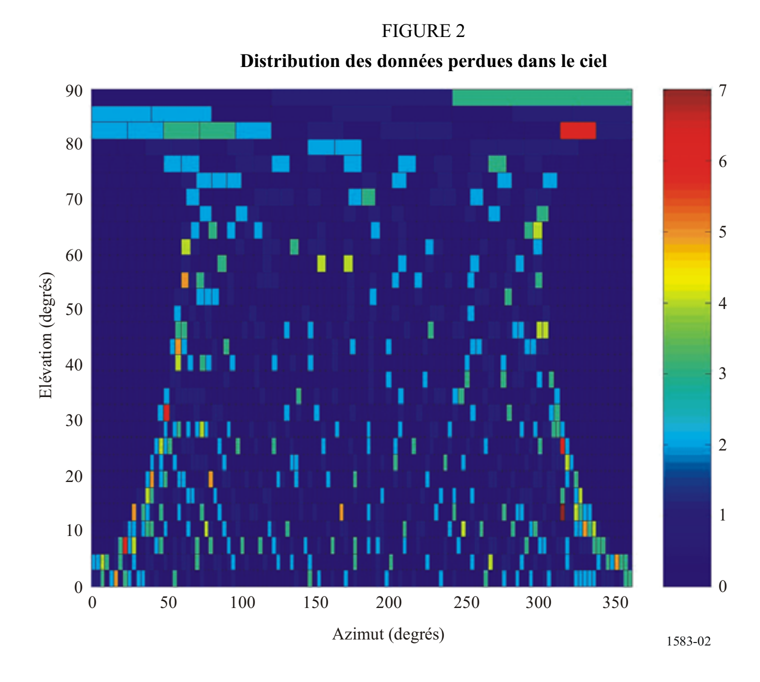
aux résultats obtenus le degré de confiance requis. En particulier, le produit du nombre de tirages par la durée d'intégration de 2 000 s doit être bien supérieur à la période orbitale de la constellation. Il faut également s'assurer que ces tirages correspondent à un échantillonnage régulier de cette période orbitale. Lorsque de nouveaux tirages ne modifient pratiquement plus la distribution existante, on considérera que le nombre de tirages effectués est suffisant. Cette vérification peut être automatique et intégrée à la simulation ou manuelle (par interruption régulière de celle-ci).

3 Résultat en termes de pourcentage de données perdues

La méthode de calcul de l'epfd décrite au § 2 permet de déterminer la distribution de puissance epfd produite par une cellule du ciel donnée. Cette distribution peut être comparée aux niveaux de seuil utilisés pour les mesures de radioastronomie. Le dépassement de ces niveaux entraînera la perte de certaines données de radioastronomie. Le pourcentage de données perdues est défini comme la somme des données perdues durant les différents essais. La Fig. 2 donne un exemple du pourcentage de données perdues par cellule du ciel pour une constellation de satellites non OSG du service de radionavigation par satellite.

FIGURE 2

Distribution des données perdues dans le ciel



RECOMMANDATION UIT-R S.1586-1

Calcul des niveaux de rayonnements non désirés produits par un système à satellites non géostationnaires du service fixe par satellite au niveau des sites de radioastronomie

(Question UIT-R 236/4)

(2002-2007)

Domaine de compétence

La présente Recommandation décrit une méthode permettant de calculer les niveaux de rayonnements non désirés produits par un système à satellites non géostationnaires (non OSG) du service fixe au niveau des sites de radioastronomie. Elle contient aussi une méthode de calcul du pourcentage de temps durant lequel on observe un dépassement d'un niveau de puissance surfacique équivalente (epfd) donné pour un gain d'antenne en réception de 0 dBi en direction du brouillage entrant, et une durée d'intégration donnée.

L'Assemblée des radiocommunications de l'UIT,

considérant

a) que, dans certains cas, des bandes de fréquences proches ou adjacentes ont été attribuées au service de radioastronomie et aux services spatiaux (espace vers Terre);

b) que l'exploitation du service de radioastronomie est fondée sur la réception d'émissions à des niveaux de puissance bien inférieurs à ceux généralement utilisés pour d'autres services de radiocommunication;

c) qu'en raison de ces faibles niveaux de puissance reçue, le service de radioastronomie est généralement plus susceptible que d'autres services d'être brouillé par des rayonnements non désirés;

d) que plusieurs numéros du Règlement des radiocommunications (RR) (tels que les numéros 5.149, 5.443B et 5.511A portent sur la nécessité de protéger le service de radioastronomie, en particulier contre les brouillages causés par des émetteurs à bord d'engins spatiaux;

e) que, du fait des caractéristiques des systèmes à satellites non géostationnaires (non OSG) et notamment de la nature non stationnaire de leurs émissions, les niveaux de brouillages causés par ce type de satellites aux radiotélescopes ne peuvent être évalués de la même manière que pour le cas de satellites OSG,

recommande

1 que les administrations utilisent la méthode décrite dans l'Annexe 1 pour calculer les niveaux de rayonnements non désirés produits par un système à satellites non OSG du SFS au niveau de sites de radioastronomie;

2 que le diagramme d'antenne présenté dans la Recommandation UIT-R RA.1631 serve à modéliser les antennes de radioastronomie pour ces calculs de brouillage;

3 que le pourcentage de temps durant lequel on observe un dépassement d'un niveau de puissance surfacique équivalente (epfd) (défini en supposant un gain d'antenne en réception de 0 dBi en direction des brouillages et une durée d'intégration donné) soit calculé conformément à la méthode décrite dans l'Annexe 2.

Annexe 1

Calculs des niveaux de rayonnements non désirés produits par un système à satellites non OSG du SFS au niveau des sites de radioastronomie

La méthode décrite ici, fondée sur le concept de l'epfd défini au numéro 22.5C de l'Article 22 du RR, vise à permettre le calcul des niveaux de puissance surfacique produits par les rayonnements non désirés d'un système à satellites non OSG du SFS et subis par des radiotélescopes, compte tenu des caractéristiques du système à satellites et de l'antenne du radiotélescope considérés. Cette puissance epfd correspond à la somme des rayonnements produits par tous les satellites; on la modélise par la puissance surfacique rayonnée par une source unique équivalente située sur l'axe de visée (valeur maximale du faisceau principal) du radiotélescope.

1 Paramètres requis

Du fait des caractéristiques propres aux systèmes à satellites non OSG, il est clair que les niveaux de brouillages causés par ce type de satellites et subis par un radiotélescope ne peuvent être évalués de la même manière que pour le cas de satellites OSG. Il est nécessaire d'utiliser une méthode statistique tenant compte de l'aspect évolutif lié aux satellites non OSG.

L'estimation des brouillages causés par les satellites et subis par un radiotélescope pendant la durée d'intégration (2 000 s) doit être fondée sur des calculs statistiques et doit tenir compte des paramètres associés aux satellites ou au radiotélescope.

Les paramètres à considérer pour les systèmes à satellites non OSG sont les suivants:

– le nombre de satellites visibles dans le ciel depuis la station de radioastronomie;
– la puissance surfacique au niveau du radiotélescope dans la bande de radioastronomie considérée, estimée en utilisant un masque dBsd ou dBc;
– les distances entre les différents satellites et la station de radioastronomie;
– les caractéristiques orbitales détaillées des satellites.

Les paramètres à considérer pour le radiotélescope sont les suivants:

– l'emplacement de l'antenne;
– le diagramme d'antenne et le gain d'antenne;
– les directions de pointage utilisées dans la pratique;
– la direction de pointage suivant l'axe de visée;
– les angles entre l'axe de visée de l'antenne de la station de radioastronomie et les directions d'émission des satellites;
– la durée d'intégration (2 000 s).

2 Calcul des niveaux d'epfd au niveau des sites de radioastronomie

Le gain de réception d'un radiotélescope en direction d'un satellite non OSG varie dans le temps (contrairement au cas d'un satellite OSG), essentiellement parce que le satellite se déplace sur son orbite et que le diagramme des lobes latéraux du radiotélescope présente une structure angulaire fine. Le gain du télescope en direction d'un satellite donné est parfois bien supérieur à 0 dBi, ou peut être inférieur à cette valeur. Par ailleurs, dans le cas d'un système non OSG à plusieurs satellites, il faut tenir dûment compte des contributions des différents satellites.

On peut pour ce faire utiliser le concept d'epfd défini initialement pour évaluer les conditions de partage possibles entre systèmes OSG et non OSG. Ce concept est développé au paragraphe ci-dessous dans le cas d'une station de radioastronomie brouillée par des satellites non OSG. La définition de l'epfd est basée sur le numéro 22.5C du RR adopté à la Conférence mondiale des radiocommunications (Istanbul, 2000) (CMR-2000).

2.1 Définition de l'epfd

Soit une antenne recevant dans sa largeur de bande de référence une puissance émanant de plusieurs émetteurs situés à des distances diverses suivant des directions variées et émettant différents niveaux de puissance surfacique incidente. L'epfd reçue par cette antenne est égale à la puissance surfacique qui, générée par un émetteur unique situé dans le champ lointain de l'antenne suivant la direction de gain maximal de celle-ci, produirait à l'entrée de l'antenne une puissance égale à la somme des différentes puissances effectivement reçues en provenance des divers émetteurs.

On calcule l'epfd instantanée, exprimée en dB(W/m^2), en utilisant la formule suivante:

$$epfd = 10 \log_{10} \left(\sum_{i=1}^{N_a} 10^{\frac{P_i}{10}} \cdot \frac{G_t(\theta_i)}{4\pi \, d_i^2} \cdot \frac{G_r(\varphi_i)}{G_{r,max}} \right) \qquad (1)$$

où:

- N_a: nombre de stations spatiales non OSG visibles depuis le radiotélescope
- i: index de la station spatiale non OSG considérée
- P_i: puissance radioélectrique de rayonnements non désirés à l'entrée de l'antenne (ou puissance radioélectrique rayonnée dans le cas d'une antenne active) générée par la station spatiale émettrice considérée du système non OSG dans la largeur de bande de référence (dBW)
- θ_i: angle hors-axe entre l'axe de visée de la station spatiale émettrice considérée appartenant au système non OSG, et la direction du radiotélescope
- $G_t(\theta_i)$: gain (exprimé par un rapport de puissances) de l'antenne d'émission de la station spatiale considérée appartenant au système non OSG en direction du radiotélescope
- d_i: distance (m) entre la station émettrice considérée appartenant au système non OSG et le radiotélescope
- φ_i: angle hors-axe entre la direction de pointage du radiotélescope et la direction de la station spatiale émettrice considérée appartenant au système non OSG
- $G_r(\varphi_i)$: gain (exprimé par un rapport de puissances) de l'antenne de réception du radiotélescope en direction de la station spatiale d'émission considérée appartenant au système non OSG (voir la Recommandation UIT-R RA.1631)
- $G_{r,max}$: gain (exprimé par un rapport de puissances) maximal du radiotélescope
- *epfd*: puissance surfacique équivalente instantanée dans la largeur de bande de référence au niveau du radiotélescope (dB(W/m^2)).

On suppose pour le calcul de l'epfd suivant l'équation (1) que la puissance surfacique résultant de toutes les sources de brouillage est dirigée suivant l'axe de visée de l'antenne de réception (axe de gain maximal). Toutefois, le critère de protection de radioastronomie est fondé sur un contour d'antenne à 0 dBi. On peut déterminer comme suit la puissance surfacique produite par l'ensemble des sources de brouillages pointant vers le gain à 0 dBi de l'antenne de réception:

– D'après l'équation (1), on obtient l'epfd instantanée pour un gain de 0 dBi de l'antenne de réception, exprimée en W/m^2, de la façon suivante:

$$epfd_{G_r = 0 \text{ dBi}} = \left(\sum_{i=1}^{N_a} 10^{\frac{P_i}{10}} \cdot \frac{G_t(\theta_i)}{4\pi\, d_i^2} \cdot G_r(\varphi_i) \right) \tag{2}$$

– Les valeurs instantanées de l'$epfd_{G_r = 0 \text{ dBi}}$ résultant de l'équation (2) après établissement des valeurs moyennes pour une durée d'intégration de 2 000 s, peuvent être comparées aux niveaux des puissances surfaciques, également exprimés en W/m^2, (définis en supposant un gain de l'antenne en réception de 0 dBi en direction des brouillages, pour cette durée d'intégration).

NOTE 1 – On suppose que chaque émetteur est situé dans le champ lointain du radiotélescope (c'est-à-dire à une distance supérieure à $2D^2/\lambda$, où D est le diamètre réel du radiotélescope et λ la longueur d'onde d'observation). Bien qu'elle ne soit pas satisfaisante dans toutes les conditions, on considère qu'il s'agit là d'une bonne approximation.

NOTE 2 – La direction de gain maximal (c'est-à-dire l'axe de visée) de certains télescopes ne coïncide pas toujours avec l'axe géométrique de l'instrument.

NOTE 3 – Dans le cas d'antennes actives, P_i correspond à la puissance radioélectrique rayonnée et non à la puissance à l'entrée de l'antenne.

NOTE 4 – La valeur à utiliser pour le gain d'antenne $G_t(\theta_i)$ de la station émettrice est celle qui correspond à la fréquence d'observation du radiotélescope. Elle peut être différente de celle associée aux fréquences d'exploitation de la station.

Annexe 2

Distribution des niveaux d'epfd

On décrit dans la présente Annexe une méthode permettant de calculer des statistiques d'epfd sur la globalité du ciel.

1 Division du ciel en cellules d'angles solides à peu près égaux

La première étape consiste à diviser le ciel en M anneaux parallèles à l'horizon, espacés régulièrement suivant l'axe de l'angle d'élévation (qui varie entre 0° et 90°). La largeur de chaque anneau est de $90°/M$. On divise ensuite ces anneaux en cellules, dont la largeur suivant l'axe azimutal (choisie de telle manière qu'un anneau contienne un nombre entier de cellules) est approximativement égale à:

$$\frac{90/M}{\cos\,(\text{élévation})} \qquad \text{degrés}$$

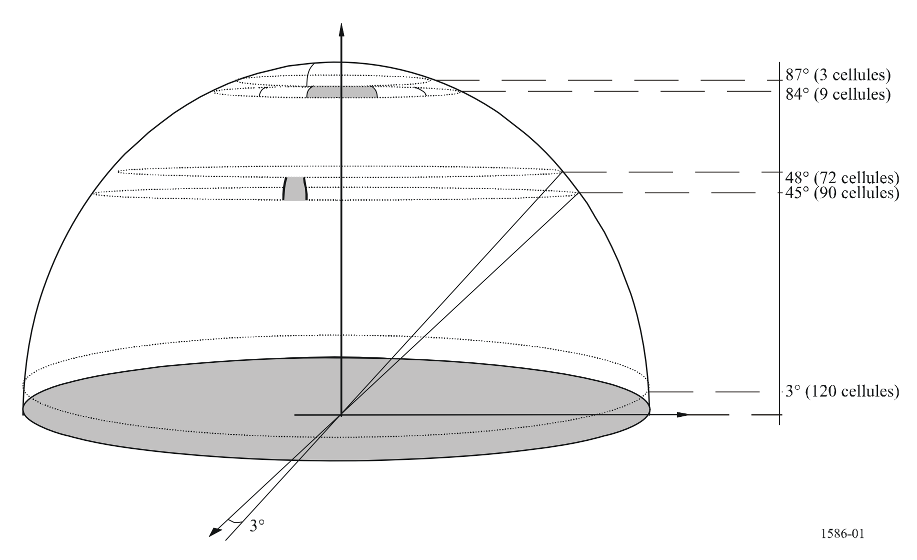
Sur la Fig. 1, le pas de division choisi suivant l'axe de l'angle d'élévation est de 3°, ce qui conduit à diviser le ciel en 30 anneaux avec un angle d'élévation de 3°. La largeur d'une cellule suivant de l'axe azimutal est donc d'environ:

$$\frac{90/30}{\cos\,(\text{élévation})} \quad \text{degrés}$$

Le terme élévation apparaissant dans la formule précédente correspond à l'élévation moyenne de l'anneau considéré.

FIGURE 1

Exemple de division du ciel en cellules d'environ 9 degrés carrés d'angle solide



On divise ainsi le ciel en 2334 cellules d'environ 9 degrés carrés d'angle solide. Le Tableau 1 indique notamment le nombre de cellules des différents anneaux de notre exemple.

TABLEAU 1

Exemple de division du ciel en cellules rectangulaires d'environ 9 degrés carrés d'angle solide

Angle d'élévation de la partie inférieure de l'anneau (degrés)	Angle solide de l'anneau (degrés carrés)	Angle solide cumulé (degrés carrés)	Pas azimutal (degrés)	Nombre de cellules dans l'anneau	Angle solide d'une cellule (degrés carrés)	Nombre de cellules cumulées	Pourcentage d'angle solide (%)	Angle solide cumulé (%)
0	1 079,51	1 079,51	3	120	9	120	5,23	5,23
3	1 076,55	2 156,05	3	120	8,97	240	5,22	10,45
6	1 070,64	3 226,69	3	120	8,92	360	5,19	15,64
9	1 061,79	4 288,49	3	120	8,85	480	5,15	20,79
12	1 050,04	5 338,53	3	120	8,75	600	5,09	25,88
15	1 035,41	6 373,93	3	120	8,63	720	5,02	30,90
18	1 017,94	7 391,87	3	120	8,48	840	4,94	35,84
21	997,68	8 389,55	3	120	8,31	960	4,84	40,67
24	974,68	9 364,23	3	120	8,12	1 080	4,73	45,40
27	949,01	10 313,24	3	120	7,91	1 200	4,60	50
30	920,75	11 233,99	4	90	10,23	1 290	4,46	54,46
33	889,95	12 123,94	4	90	9,89	1 380	4,31	58,78
36	856,72	12 980,66	4	90	9,52	1 470	4,15	62,93
39	821,14	13 801,81	4	90	9,12	1 560	3,98	66,91
42	783,31	14 585,12	4	90	8,70	1 650	3,80	70,71
45	743,34	15 328,46	4	90	8,26	1 740	3,60	74,31
48	701,32	16 029,79	5	72	9,74	1 812	3,40	77,71
51	657,39	16 687,17	5	72	9,13	1 884	3,19	80,90
54	611,65	17 298,82	5	72	8,50	1 956	2,97	83,87
57	564,23	17 863,06	6	60	9,40	2 016	2,74	86,60
60	515,27	18 378,33	6	60	8,59	2 076	2,50	89,10
63	464,90	18 843,23	6	60	7,75	2 136	2,25	91,35
66	413,25	19 256,48	8	45	9,18	2 181	2,00	93,36
69	360,47	19 616,95	9	40	9,01	2 221	1,75	95,11
72	306,70	19 923,65	10	36	8,52	2 257	1,49	96,59
75	252,09	20 175,74	12	30	8,40	2 287	1,22	97,81
78	196,79	20 372,53	18	20	9,84	2 307	0,95	98,77
81	140,95	20 513,49	24	15	9,40	2 322	0,68	99,45
84	84,73	20 598,21	40	9	9,41	2 331	0,41	99,86
87	28,27	20 626,48	120	3	9,42	2 334	0,14	100

2 Distribution de l'epfd pour une cellule

On choisit aléatoirement une direction de pointage de l'antenne du service de radioastronomie, qui pointe alors vers une des cellules du ciel définies ci-dessus. On choisit ensuite aléatoirement l'instant de début d'exploitation de la constellation de satellites. La valeur d'epfd est alors évaluée à différents instants de cette durée d'intégration de 2 000 s. On calcule enfin la valeur moyenne d'epfd obtenue durant ce temps d'intégration, pour la direction de pointage et l'instant de début d'exploitation choisis.

Ce processus est répété pour obtenir une distribution statistique de l'epfd produite par la cellule visée. On procède ainsi à un certain nombre de tirages aléatoires, conduisant chacun au calcul de l'epfd moyenne pour une durée d'intégration de 2 000 s. Plus le nombre de tirages est grand, et plus la distribution obtenue est précise. Le nombre de tirages doit être suffisamment élevé pour conférer aux résultats obtenus le degré de confiance requis. En particulier, le produit du nombre de tirages par la durée d'intégration de 2 000 s doit être bien supérieur à la période orbitale de la constellation. Il faut également s'assurer que ces tirages correspondent à un échantillonnage régulier de cette période orbitale. Lorsque de nouveaux tirages ne modifient pratiquement plus la distribution existante, on considérera que le nombre de tirages effectués est suffisant. Cette vérification peut être automatique et intégrée à la simulation ou manuelle (par interruption régulière de celle-ci).

3 Distribution de l'epfd pour les directions de pointage les plus défavorables (cette méthode est applicable uniquement si les niveaux de puissances surfaciques rayonnées par les satellites sont constants pour un angle d'élévation donné de l'antenne du service de radioastronomie)

L'estimation des distributions d'epfd des cellules du ciel peut être simplifiée en se restreignant (dans un premier temps) aux directions de pointage les plus défavorables. On peut considérer que celles-ci correspondent aux directions de pointage suivant lesquelles la probabilité de visibilité des satellites est la plus grande. La Recommandation UIT-R S.1257 – Méthode analytique pour calculer les statistiques de visibilité et de brouillage à court terme des satellites non géostationnaires à partir d'un point à la surface de la Terre, et les équations (28) et (29) en particulier permettent de déterminer ces directions. On peut ainsi, pour un angle d'élévation et une constellation de satellites non OSG donnés, calculer les valeurs azimutales des directions de pointage les plus défavorables (deux valeurs azimutales de direction la plus défavorable sont généralement associées à un angle d'élévation).

La distribution d'epfd est ensuite estimée à partir d'un nombre suffisant de durées d'intégration de 2 000 s, pour chacune des cellules correspondant à ces directions de pointage les plus défavorables. Ces distributions peuvent être comparées à un niveau seuil de puissance surfacique (défini en supposant un gain d'antenne de réception de 0 dBi suivant la direction des brouillages et pour une durée d'intégration de 2 000 s).

Le pourcentage de temps durant lequel un niveau seuil de puissance surfacique est dépassé pour une cellule donnée correspond au pourcentage des durées d'intégration de 2 000 s pour lesquelles la puissance surfacique moyenne reçue par le radiotélescope est supérieure à ce niveau seuil.

Compte tenu du critère de 2% indiqué au point 2 du *recommande* de la Recommandation UIT-R RA.1513, la comparaison des distributions d'epfd avec le niveau seuil de puissance surfacique pour le cas des cellules correspondant aux directions de pointage les plus défavorables permet d'aboutir aux conclusions suivantes:

– Si, pour tous les *M* anneaux, la valeur moyenne de l'epdf sur la période considérée pour les directions de pointage les plus défavorables est égale ou inférieure au seuil de brouillage préjudiciable pendant 98% du temps ou plus (voir la Fig. 2), le critère d'évitement des brouillages préjudiciables est satisfait pour toutes les cellules du ciel.
– Si, pour un anneau donné (défini par son angle d'élévation), l'epfd moyenne sur la période considérée pour les directions de pointage les plus défavorables est égale ou inférieure au seuil de brouillage préjudiciable pendant 98% ou plus du temps (voir la Fig. 2), le critère d'évitement des brouillages préjudiciables est satisfait pour l'ensemble des cellules de cet anneau.
– Si ce critère de brouillage n'est pas satisfait, des études complémentaires seront nécessaires.

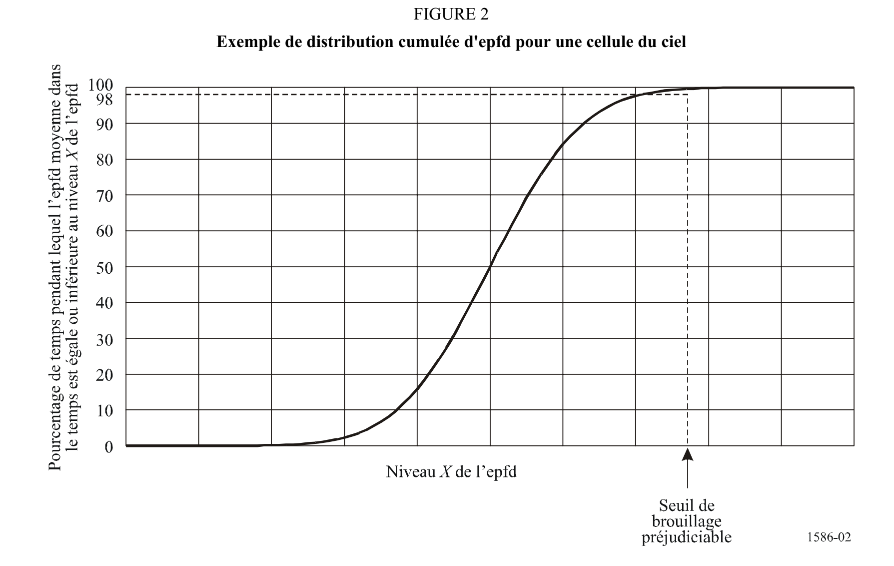
L'examen des directions de pointage les plus défavorables permet de déterminer l'emplacement des cellules correspondantes.

4 Résultat en termes de distribution d'epfd

La méthode de calcul d'epfd décrite au § 2 permet de déterminer la distribution d'epfd produite par une cellule du ciel donné (voir la Fig. 2).

FIGURE 2

Exemple de distribution cumulée d'epfd pour une cellule du ciel



RECOMMANDATION UIT-R F.1613[*,**]

Caractéristiques opérationnelles et de déploiement des systèmes d'accès hertzien fixe du service fixe dans la Région 3 pour assurer la protection des systèmes du service d'exploration de la Terre par satellite (active) et du service de recherche spatiale (active) dans la bande 5 250-5 350 MHz

(Questions UIT-R 113/9 et UIT-R 218/7)

(2003)

L'Assemblée des radiocommunications de l'UIT,

considérant

a) que la bande de fréquences 5 250-5 350 MHz est attribuée au service d'exploration de la Terre par satellite (SETS) (active) et au service de recherche spatiale (active) pour les capteurs spatioportés ainsi qu'au service de radiolocalisation à titre primaire;

b) que ces attributions dans la bande de fréquences 5 250-5 350 MHz seront revues par la CMR-03 au titre du point 1.5 de son ordre du jour dans le but d'une possible attribution au service fixe dans la Région 3 à titre primaire;

c) que certaines administrations de la Région 3 ont proposé que la bande 5 250-5 350 MHz soit utilisée pour des systèmes d'accès hertzien fixe (AHF) du service fixe exploités sous licences;

d) que les systèmes AHF exploités à l'extérieur risquent de causer des brouillages inacceptables au SETS/ou au service de recherche spatiale (active) dans ladite bande;

e) qu'il est nécessaire de spécifier des caractéristiques opérationnelles et de déploiement des systèmes AHF dans la Région 3, pour protéger les systèmes à capteurs actifs spatioportés,

---

[*] Cette Recommandation a été élaborée conjointement par les Commissions d'études 7 et 9 des radiocommunications et toute révision future devrait être faite de la même façon.

[**] Cette Recommandation doit être portée à l'attention des Commissions d'études 7 et 8 des radiocommunications.

notant

a) que les brouillages causés par les systèmes du SETS et du service de recherche spatiale (active) à des systèmes AHF ayant les caractéristiques décrites dans l'Annexe 1 sont considérés comme acceptables,

reconnaissant

a) que des systèmes AHF et d'autres types de système d'accès hertzien (y compris les réseaux radioélectriques locaux (RLAN) peuvent difficilement être exploités simultanément avec la même couverture et sur la même fréquence,

recommande

1 que le brouillage cumulatif causé par les systèmes AHF (somme des p.i.r.e. en direction du satellite soit inférieur à –7,6 dB(W/20 MHz) à la surface de la Terre dans la zone de couverture du satellite du service d'exploitation de la terre par satellite (SETS) ou du service de recherche spatiale (voir les Notes 1, 2 et 3);

2 que la méthodologie décrite dans l'Annexe 1 soit utilisée pour évaluer le niveau de brouillage global provenant de systèmes AHF;

3 que, sur la base des caractéristiques des systèmes AHF présentées dans le Tableau 4 pour la Région 3, une densité maximale de 23 stations de base AHF pour 220 km^2 soit autorisée dans la zone de couverture du capteur actif du satellite. Une variation de la p.i.r.e. maximale, du diagramme d'antenne et de la planification des fréquences entraînerait une variation de la densité maximale autorisée des stations de base AHF;

4 que la p.i.r.e. maximale de chaque station AHF ne soit pas supérieure à 3dB(W/20 MHz) (voir les Notes 4 et 5);

5 que les administrations contrôlent ces systèmes afin de s'assurer que les caractéristiques de déploiement des systèmes AHF, spécifiées dans les *recommande* ci-dessus, soient respectées.

NOTE 1 – Le niveau de ce brouillage cumulatif est déduit du seuil de brouillage de –132,35 dB(W/20 MHz) au niveau du récepteur du satellite spécifié pour le radar SAR4 dans le Tableau 5.

NOTE 2 – La zone de couverture du capteur actif du satellite du SETS ou du service de recherche spatiale dont il est question ici a une surface d'environ 220 km^2.

NOTE 3 – Le brouillage cumulatif causé par des systèmes AHF en direction du capteur actif spatioporté dépend de paramètres tels que la puissance d'émission des systèmes AHF, la directivité de l'antenne et le nombre de stations de base AHF utilisant le même canal RF dans la zone de couverture du capteur actif du satellite.

NOTE 4 – Si l'angle d'élévation de la direction du faisceau principal est supérieur à 10°, un abaissement de 6 dB de la limite de la p.i.r.e. devrait s'appliquer, soit une p.i.r.e. maximale de –3 dB(W/20 MHz).

NOTE 5 – La direction des antennes des stations AHF devrait être contrôlée pour éviter toute illumination directe accidentelle du satellite due à un défaut d'alignement d'antenne, comme par exemple, une station distante ne pointant pas en direction de la station de base.

NOTE 6 – Il faudrait fournir d'autres informations afin de faciliter l'application de cette Recommandation. Cette question nécessite une étude complémentaire.

Annexe 1

Partage de fréquences entre les systèmes AHF et les systèmes à capteurs actifs spatioportés du SETS (active) et du service de recherche spatiale (active) dans la bande 5 250-5 350 MHz

1 Introduction

La bande de fréquences 5 250-5 350 MHz est considérée comme appropriée pour les systèmes AHF du service fixe pour assurer des applications Internet à haut débit ou d'autres applications de services multimédias. Etant donné que cette bande est attribuée, dans le Règlement des radiocommunications de l'UIT, au SETS (active) et au service de recherche spatiale (active) à l'échelle mondiale, les possibilités de partage entre les systèmes AHF et les systèmes du SETS ou du service de recherche spatiale (active) doivent être déterminées.

Dans cette bande de fréquences, plusieurs types de radars à synthèse d'ouverture (SAR, *synthetic aperture radar*) spatioportés d'altimètres radars spatioportés et de diffusiomètres spatioportés sont exploités dans le SETS et dans le service de recherche spatiale (active).

Cette Annexe traite de considérations de partage entre les systèmes AHF et ces capteurs actifs spatioportés, en utilisant des paramètres de système typiques actuellement disponibles ou en cours d'examen.

2 Caractéristiques techniques de capteurs actifs spatioportés

Les caractéristiques techniques de capteurs actifs spatioportés dans la bande 5 250-5 350 MHz sont indiquées dans les Tableaux 1 à 3.

TABLEAU 1

Caractéristiques de SAR spatioportés typiques à 5,3 GHz

Paramètre	Valeur		
	SAR2	**SAR3**	**SAR4**
Altitude de l'orbite (km)	600 (circulaire)	400 (circulaire)	
Inclination de l'orbite (degrés)	57		
Fréquence centrale RF (MHz)	5 405	5 305	5 300
Puissance rayonnée crête (W)	4 800	1 700	
Polarisation	Horizontale et verticale (HH, HV, VH, VV)		
Modulation des impulsions	MF linéaire		
Largeur de bande d'une impulsion (MHz)	310		40
Durée d'une impulsion (μs)	31	33	

TABLEAU 1 (*fin*)

Paramètre	**Valeur**		
	SAR2	**SAR3**	**SAR4**
Fréquence de répétition des impulsions (impulsions/s)	4 492	1 395	
Facteur d'utilisation (%)	13,9	5,9	
Rapport de compression de plage	9 610	10 230	1 320
Type d'antenne (m)	Réseau plan à commande de phase $1{,}8 \times 3{,}8$	Réseau plan à commande de phase $0{,}7 \times 12{,}0$	
Gain crête d'antenne (dBi)	42,9	42,7/38 (pleine convergence/décalage du faisceau)	
Gain des lobes latéraux médians de l'antenne (dBi)	–5		
Orientation de l'antenne (degrés)	20-38 par rapport au nadir	20-55 par rapport au nadir	
Ouverture de faisceau de l'antenne (degrés)	1,7 (El), 0,78 (Az)	4,9/18,0 (El), 0,25 (Az)	
Polarisation de l'antenne	Rectiligne horizontale/verticale		
Facteur de bruit du récepteur (dB)	4,62		
Point de compression à 1 dB à l'entrée du récepteur (dBW)	–62		
Puissance maximale à l'entrée du récepteur (dBW)	+7		
Temps d'exploitation	30% de l'orbite		
Durée minimale pour l'enregistrement d'images (s)	15		
Zone de service	Zones terrestres et côtières		
Largeur de la zone explorée pour les images (km)	20	16/320	
Zone de couverture (km^2)	159,03	76,5	76,5-220
Bande passante du récepteur (MHz)	356,5		46,00
Seuil de brouillage (dB)	$I/N = -6$		

TABLEAU 2

Caractéristiques d'un altimètre spatioporté typique à 5,3 GHz

Caractéristiques de la mission Jason	
Durée	5 ans
Altitude (km)	1 347 ± 15
Inclinaison (degrés)	66
Caractéristiques de l'altimètre Poseidon 2	
Type de signal	Modulation de fréquence linéaire
Fréquence de répétition des impulsions dans la bande C (Hz)	300
Durée d'une impulsion (μs)	105,6
Fréquence de la porteuse (GHz)	5,3
Largeur de bande (MHz)	320
Puissance crête d'émission RF (W)	17
Puissance moyenne d'émission RF (W)	0,54
Gain d'antenne (dBi)	32,2
Ouverture à 3 dB (degrés)	3,4
Niveau des lobes latéraux/Maximum (dB)	–20
Niveau du lobe arrière /Maximum (dB)	–40
Empreinte du faisceau à –3 dB (km)	77
Seuil de brouillage (dBW)	–118

TABLEAU 3

Caractéristiques de diffusiomètres spatioportés typiques à 5,3 GHz

Paramètre	**Valeur**	
Nom du système	Diffusiomètre 1	Diffusiomètre 2
Altitude de l'orbite (km)	780	800
Inclinaison (degrés)	81,5	
Fréquence centrale (GHz)	5,3	5,255
Largeur d'une impulsion	70 μs (moyenne) 130 μs (inf./sup.)	8 ms (moyenne) 10,1 ms (inf./sup.)
Modulation	Onde entretenue avec interruption	MF linéaire
Bande passante de l'émetteur (kHz)	15	500
Fréquence de répétition des impulsions (Hz)	115 (moyenne) 98 (inf./sup.)	29,4
Type d'antenne	Guide d'ondes à fente	

TABLEAU 3 (*fin*)

Paramètre	Valeur			
Gain d'antenne (dBi)	31 (moyen) 32,5 (inf./sup.)		28,5 (moyen) 29,5 (inf./sup.)	
Orientation du faisceau principal de l'antenne (degrés)	Angles d'incidence: 18-47 (moyen) 24-57 (inf./sup.)		Angles d'incidence: 25,0-54,5 (moyen) 33,7-65,3 (inf./sup.)	
Ouverture du faisceau d'antenne (–3 dB) (degrés) Elévation azimut (degrés)	24 (moyen) 1,3	26 (inf./sup.) 0,8	23,6 (moyen) 1,1	23,9 (inf./sup.) 0,8
Angle d'élévation de l'instrument (degrés)	29,3		37,6	
Polarisation de l'antenne	Verticale			
Puissance crête d'émission	4,8 kW		120 W	
Facteur de bruit du récepteur (dB)	3			
Zone de service	Zones océaniques et côtières, zones terrestres			
Seuil de brouillage dB (W/Hz)	–207			

3 Caractéristiques techniques des systèmes AHF

Les paramètres techniques des systèmes AHF devraient être déterminés de manière à satisfaire, à la fois, aux besoins des applications Internet à haut débit et aux critères de partage avec les autres services.

Lorsque des systèmes AHF sont exploités dans la bande 5 250-5 350 MHz, les points suivants doivent être considérés:

– Les systèmes AHF sont composés d'une station de base et de nombreuses stations distantes à l'intérieur de la zone de couverture du service, soit une cellule. Il est supposé que toutes les stations distantes communiquent avec la station de base seulement pendant le créneau horaire assigné (dans le cas d'accès multiple par répartition dans le temps (AMRT)) ou lorsque l'accès est possible (dans le cas d'accès multiple avec détection de porteur (AMDC)). Autrement dit, au sein d'une cellule, une seule station émet à chaque instant. La densité de déploiement (par km^2) des stations de base AHF aura donc une incidence sur le brouillage causé à un capteur actif spatioporté.

– La directivité de l'antenne pour un angle d'élévation élevé est importante. Si la discrimination de l'antenne des stations AHF vers le haut est suffisante, la puissance de brouillage sera suffisamment réduite.

– La proportion active d'un groupe d'émetteurs AHF dans une cellule peut être de 100% dans le cas le plus défavorable.

– Des mesures fondées sur l'obtention de licences d'exploitation seront nécessaires pour contrôler la densité de déploiement des systèmes AHF.

Compte tenu des mesures susmentionnées, les exemples de paramètres techniques de systèmes AHF indiqués dans le Tableau 4 sont utilisés aux fins des études préliminaires dont il est question dans la présente Annexe.

Les caractéristiques choisies dans cette analyse sont celles qui conduiraient au cas le plus défavorable de brouillage d'un récepteur de radar SAR à bande étroite. Pour ce type de système AHF, si l'axe de visée de l'antenne pointe approximativement vers l'horizon pour une connexion point à multipoint, l'angle par rapport à l'axe de visée devient l'angle d'élévation. Aux angles compris entre 20° et 55° par rapport au nadir, les angles d'élévation des stations AHF par rapport à un radar SAR sont compris entre 69° et 30°.

TABLEAU 4

Caractéristiques techniques du système AHF à 5,3 GHz

	Station de base	Station distante
Bande de fréquences (MHz)	5 250-5 350	
Mode de fonctionnement	Point à multipoint	
Rayon de la cellule (km)	1-2	
p.i.r.e. maximale émise/puissance (W)	2/0,2	2/0,063
Gain d'antenne/ caractéristiques	10 dBi/ Rec. UIT-R F.1336 Antenne équidirective (k = 0) (Fig. 1)	15 dBi/ Rec. UIT-R F.1336 Antenne de bas coût et à gain peu élevé (Fig. 2)
Bande passante (MHz)	20	
Facteur de bruit du récepteur (dB)	8	
Seuil de brouillage	I/N = −6 dB ou −128,8 dB (W/20 MHz)	
Polarisation	Verticale ou horizontale	
Proportion active (%)	90	10

FIGURE 1

Diagramme d'antenne d'une station de base

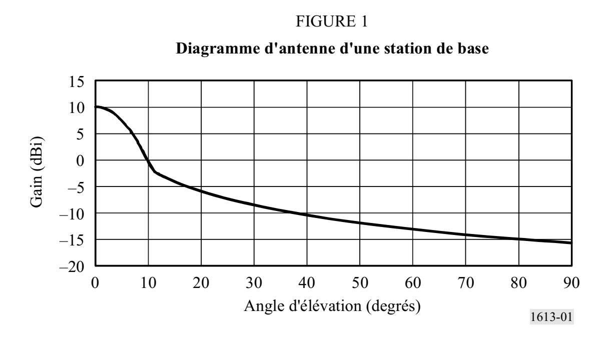
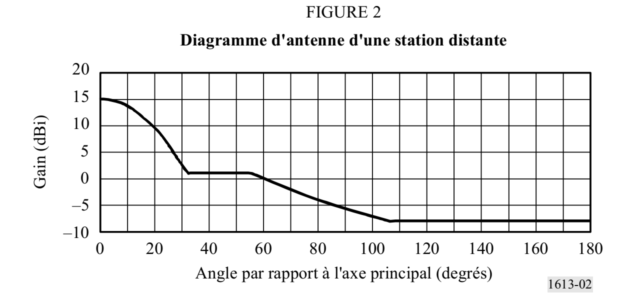


FIGURE 2

Diagramme d'antenne d'une station distante



4 Partage de fréquences entre les capteurs actifs spatioportés et les systèmes AHF

4.1 Partage entre un radar SAR et un système AHF

4.1.1 Brouillage causé par un système AHF à un radar SAR

Le Tableau 5 présente les résultats du calcul du brouillage causé par un système AHF ayant les paramètres présentés dans le Tableau 4 à un radar SAR4 ayant les caractéristiques du Tableau 1. Bien que les radars SAR2, SAR3 et SAR4 aient un seuil de brouillage équivalent par MHz, l'analyse présentée ci-après concerne le radar SAR4 avec la condition la plus stricte en valeur absolue. Dans le calcul du brouillage, l'effet des lobes latéraux de l'antenne AHF et l'effet de diffusion à la surface de la Terre ou par les bâtiments sont pris en considération. En ce qui concerne le brouillage causé par les lobes latéraux des stations distantes, la p.i.r.e. moyenne émise en direction du satellite par toutes les stations distantes situées autour de la station de base est calculée (voir l'Appendice 1 à l'Annexe 1). Il est à noter que, dans le Tableau 5, on suppose que le facteur de réutilisation des fréquences vaut 4.

La diffusion à la surface de la Terre ou l'éventuelle diffusion par les bâtiments voisins représentera des sources de brouillage potentielles. Ceci dépend de la zone où ces systèmes sont déployés et de l'altitude à laquelle ils seront placés (au-dessus ou sur le côté de bâtiments), etc. Il peut être envisagé de mettre en place des systèmes AHF dans des zones urbaines à forte densité où, par définition, une diffusion par une large diversité d'objets se produira, qui devra être prise en compte en plus de la diffusion à la surface de la Terre. En particulier, certains édifices de bureau modernes sont construits avec une structure métallique, la possibilité d'une importante réflectivité dans la direction du capteur n'étant pas à exclure. On considère que, dans le cas le plus défavorable, le coefficient de diffusion est de –18 dB. Cette hypothèse pourrait être à revoir.

Cette présente analyse est basée sur l'hypothèse selon laquelle seuls des émetteurs AHF n'utilisant pas d'antenne sectorielle seraient disponibles. La présence d'antennes sectorielles détériorerait le scénario de partage du point de vue de la diffusion.

Les résultats indiquent que 23 cellules AHF peuvent être exploitées dans la zone de couverture du radar SAR4 sur une surface de 220 km^2 alors que le brouillage causé au récepteur du radar SAR reste inférieur au niveau acceptable. Si les paramètres des systèmes AHF sont différents de ceux énumérés dans le Tableau 4, y compris le cas où des antennes sectorielles sont employées dans les stations de base, le nombre de cellules autorisées à l'intérieur de la zone de couverture du satellite serait différent. Il faudrait alors recalculer les paramètres du Tableau 5.

TABLEAU 5

Brouillage causé par un système AHF à un radar SAR4

Paramètre			20° par rapport au nadir		55° par rapport au nadir	
			Valeur	**dB**	**Valeur**	**dB**
p.i.r.e. de brouillage due aux lobes latéraux d'une antenne AHF	Provenant d'une station de base	Puissance crête émise (W)	0,2	−7,00	0,2	−7,00
		Gain de l'antenne d'émission (dBi)		−14,20		−8,80
		Proportion active	90%	−0,46	90%	−0,46
		p.i.r.e. (dBW)		−21,66		−16,26
	Provenant d'une station distante	Puissance crête émise (W)	0,063	−12,00	0,063	−12,00
		Gain moyen de l'antenne d'émission (dBi)		−4,96		−2,34
		Proportion active	10%	−10,00	10%	−10,00
		p.i.r.e. (dBW)		−26,96		−24,34
	p.i.r.e. totale due aux lobes latéraux (dBW)			−20,54		−15,63
Puissance de brouillage due à la diffusion à la surface de la Terre	Provenant d'une station de base	Puissance crête émise (W)	0,2	−7,00	0,2	−7,00
		Proportion active	90%	−0,46	90%	−0,46
		Puissance émise (dBW)		−7,46		−7,46
	Provenant d'une station distante	Puissance crête émise (W)	0,063	−12,00	0,063	−12,00
		Proportion active	10%	−10,00	10%	−10,00
		Puissance émise (dBW)		−22,00		−22.00
	Puissance totale émise (dBW)			−7,31		−7,31
	Coefficient de diffusion (dB)			−18,00		−18,00
	p.i.r.e. diffusée totale (dBW)			−25,31		−25,31
p.i.r.e. totale de brouillage provenant d'une cellule dBW				−19,29		−15,19
Puissance de brouillage reçue au niveau du radar SAR	Gain de l'antenne de réception (dBi)			42,70		42,70
	Affaiblissement dû à la polarisation (dB)			−3,00		−3,00
	Affaiblissement dans l'espace libre (dB)		(427 km)	−159,55	(749 km)	−164,43
	Puissance reçue (dBW)			−139,14		−139,92
Sensibilité du récepteur du radar SAR	Facteur de bruit (dB)			4,62		4,62
	kT		$4,0 \times 10^{-21}$	−203,98	$4,0 \times 10^{-21}$	−203,98
	Bande passante du récepteur (MHz)		20,0	73,01	20,0	73,01
	Puissance de bruit (dBW)			−126,35		−126,35
	Seuil de brouillage du radar SAR ($I/N = -6$ dB) (dBW)			−132,35		−132,35
Nombre autorisé de cellules AHF	Marge (dB)			6,79		7,57
	Nombre maximal de cellules AHF utilisant le même canal RF dans la zone de couverture du radar SAR		4,78		5,71	
	Nombre maximal de cellules AHF dans l'hypothèse d'un facteur de réutilisation des fréquences de 4		19,1		22,8	

4.1.2 Brouillage causé par un radar SAR à un système AHF

La première étape dans l'analyse du brouillage susceptible d'être causé par des radars SAR spatioportés à des systèmes AHF consiste à déterminer la puissance émise par les lobes latéraux des radars SAR spatioportés à la surface de la Terre. Pour cela, le gain des lobes latéraux médians a été utilisé sachant que ces lobes latéraux donnent lieu à une empreinte beaucoup plus grande que le gain crête et se traduisent par un brouillage de plus longue durée. Le Tableau 6 illustre les niveaux de brouillage provoqués par les lobes latéraux d'un radar SAR4 à un système AHF. Le radar SAR4 a été choisi pour représenter le cas le plus défavorable. Ce tableau montre une marge positive de l'ordre de 20 dB, ce qui résulterait en un scénario de partage positif en ce qui concerne les lobes latéraux.

TABLEAU 6

Brouillage causé par des lobes latéraux d'un radar SAR4 à un système AHF

Paramètre	20° par rapport au nadir		55° par rapport au nadir	
	Brouillage d'une station de base	**Brouillage d'une station distante**	**Brouillage d'une station de base**	**Brouillage d'une station distante**
Puissance émise (dBW)	32,3		32,3	
Gain d'antenne d'émission (dBi)	–5,0		–5,0	
Affaiblissement dans l'espace libre (dB)	–159,5 (427 km)		–164,4 (749 km)	
Gain d'antenne de réception (dBi)	–14,2	–2,2	–8,8	2,3
Affaiblissement dans la ligne d'alimentation AHF (dB)	–5,0	–10,0	–5,0	–10,0
Puissance reçue (dBW)	–151,4	–144,4	–150,9	–144,8
Réduction de la bande passante (dB)	–3,0		–3,0	
Puissance reçue (dB(W/20 MHz))	–154,4	–147,4	–153,9	–147,8
Seuil de brouillage AHF (dB(W/20 MHz))	–128,8		–128,8	
Marge (dB)	25,6	18,6	25,1	19,0

Cependant, le gain crête d'antenne est supérieur de 43 à 47,7 dB au gain moyen des lobes latéraux de −5 dBi. Ainsi, pendant la durée du survol, les niveaux de brouillage à la surface de la Terre seraient supérieurs au seuil de brouillage du système AHF. Malgré le dépassement du seuil, on estime que ce dépassement aurait lieu tous les 8-10 jours et qu'il durerait entre 0,5 et 1 s.

4.1.3 Résumé

Il est démontré que le partage de fréquences entre un système SAR et un système AHF est possible dans la bande de fréquences 5 250-5 350 MHz lorsque le système AHF présente certaines caractéristiques opérationnelles et de déploiement. Les systèmes AHF seraient soumis à de courtes périodes d'importants brouillages causés par des systèmes SAR lorsque ceux-ci les survolent. Ce brouillage est considéré comme acceptable, compte tenu de la faible probabilité de brouillage causé par les systèmes SAR et du faible évanouissement au niveau des systèmes AHF. Cependant des études complémentaires pourraient être requises sur les effets détaillés du brouillage causé aux systèmes AHF.

4.2 Partage entre un altimètre spatioporté et un système AHF

4.2.1 Brouillage causé par un système AHF à un altimètre spatioporté

Le Tableau 7 illustre le calcul de brouillage causé par un système AHF à un altimètre spatioporté. Les résultats donnent une marge importante de 42,6 dB par rapport au seuil de −118 dBW, il peut donc être conclu que les systèmes AHF ne causeront pas de brouillage inacceptable à l'altimètre spatioporté.

TABLEAU 7

Brouillage causé par un système AHF à un altimètre spatioporté

Paramètre			Par rapport au nadir	
			Valeur	**dB**
p.i.r.e. de brouillage due aux lobes latéraux d'une antenne AHF	Provenant d'une station de base	Puissance crête émise (W)	0,2	–7,00
		Gain de l'antenne d'émission (dBi)		–15,84
		Proportion active	90%	–0,46
		p.i.r.e. (dBW)		–23,30
	Provenant d'une station distante	Puissance crête émise (W)	0,063	–12,00
		Gain moyen de l'antenne d'émission (dBi)		–5,71
		Proportion active	10%	–10,00
		p.i.r.e. (dBW)		–27,71
	p.i.r.e. totale due aux lobes latéraux (dBW)			–21,96
Puissance de brouillage due à la diffusion à la surface de la Terre	Provenant d'une station de base	Puissance crête émise (W)	0,2	–7,00
		Proportion active	90%	–0,46
		Puissance émise (dBW)		–7,46
	Provenant d'une station distante	Puissance crête émise (W)	0,063	–12,00
		Proportion active	10%	–10,00
		Puissance émise (dBW)		–22,00
	Puissance émise totale (dBW)			–7,31
	Coefficient de diffusion (dB)			–18,00
	p.i.r.e. diffusée totale (dBW)			–25,31
p.i.r.e. totale de brouillage provenant d'une cellule (dBW)				–20,31
Puissance de brouillage reçue au niveau du récepteur de l'altimètre	Gain d'antenne de réception (dBi)			32,20
	Affaiblissement dû à la polarisation (dB)			–3,00
	Affaiblissement dans l'espace libre (dB)		(1 347 km)	–169,53
	Puissance reçue (dBW)			–160,64
Seuil de brouillage de l'altimètre (dBW)				–118,00
Marge (dB)				42,64

4.2.2 Brouillage causé par un altimètre spatioporté à un système AHF

Le Tableau 8 illustre les niveaux de brouillage causé par le faisceau principal d'un altimètre spatioporté à une station de base et à une station distante. Il y a des marges suffisantes dans les deux cas.

TABLEAU 8

Brouillage causé par un altimètre spatioporté à un système AHF

Paramètre	Par rapport au nadir	
	Brouillage d'une station de base	Brouillage d'une station distante
Puissance émise (dBW)	12,3	
Gain d'antenne d'émission (dBi)	32,2	
Affaiblissement dans l'espace libre (dB)	−169,5 (1 347 km)	
Gain d'antenne de réception (dBi)	−15,8	−5,7
Affaiblissement dans la ligne d'alimentation AHF (dB)	−5,0	−10,0
Puissance reçue (dBW)	−145,8	−140,7
Réduction de la bande passante (20 MHz/320 MHz) (dB)	−12,0	
Puissance reçue (dB(W/20 MHz))	−157,8	−152,7
Seuil de brouillage AHF (dB(W/20 MHz))	−128,8	
Marge (dB)	29,0	23,9

4.2.3 Résumé

Il est démontré que le partage de fréquences entre un altimètre spatioporté et un système AHF est possible dans la bande de fréquences 5 250-5 350 MHz.

4.3 Partage entre un diffusiomètre et un système AHF

4.3.1 Brouillage causé par un système AHF à un diffusiomètre

Le Tableau 9 illustre une analyse du brouillage causé par un système AHF au diffusiomètre 1. Le diffusiomètre 1 est choisi pour représenter le cas le plus défavorable. Le Tableau 9 montre que le système AHF ne cause pas de brouillage inacceptable.

4.3.2 Brouillage causé par un diffusiomètre à un système AHF

Le Tableau 10 illustre une analyse du brouillage causé par un diffusiomètre à un système AHF. Les marges négatives indiquent que le système AHF serait soumis à de courtes périodes d'important brouillage lorsque le diffusiomètre le survole.

TABLEAU 9

Brouillage causé par un système AHF au diffusiomètre 1

Paramètre			18° par rapport au nadir (El: 69,7°)		57° par rapport au nadir (El: 19,7°)	
			Valeur	dB	Valeur	dB
p.i.r.e. de brouillage due aux lobes latéraux d'une antenne AHF	Provenant d'une station de base	Puissance crête émise (W)	0,2	–7,00	0,2	–7,00
		Gain de l'antenne d'émission (dBi)		–14,20		–5,94
		Proportion active	90%	–0,46	90%	–0,46
		p.i.r.e. (dBW)		–21,66		–13,40
	Provenant d'une station distante	Puissance crête émise (W)	0,063	–12,00	0,063	–12,00
		Gain moyen de l'antenne d'émission (dBi)		–4,93		0,64
		Proportion active	10%	–10,00	10%	–10,00
		p.i.r.e. (dBW)		–26,96		–21,36
	p.i.r.e. totale due aux lobes latéraux (dBW)			–20,54		–12,76
Puissance de brouillage due à la diffusion à la surface de la Terre	Provenant d'une station de base	Puissance crête émise (W)	0,2	–7,00	0,2	–7,00
		Proportion active	90%	–0,46	90%	–0,46
		Puissance émise (dBW)		–7,46		–7,46
	Provenant d'une station distante	Puissance crête émise (W)	0,063	–12,00	0,063	–12,00
		Proportion active	10%	–10,00	10%	–10,00
		Puissance émise (dBW)		–22,00		–22,00
	Puissance émise totale (dBW)			–7,31		–7,31
	Coefficient de diffusion (dB)			–18,00		–18,00
	p.i.r.e. diffusée totale (dBW)			–25,31		–25,31
p.i.r.e. totale de brouillage provenant d'une cellule (dBW)				–19,29		–12,53
Puissance de brouillage reçue au niveau du radar SAR	Gain d'antenne de réception (dBi)			31,00		32,50
	Affaiblissement dû à la polarisation (dB)			–3,00		–3,00
	Affaiblissement dans l'espace libre (dB)		(825 km)	–165,27	(1 745 km)	–171,78
	Puissance reçue (dBW)			–156,56		–154,81
	Puissance reçue (dB(W/Hz))			–229,57		–227,82
Seuil de brouillage du diffusiomètre (dB(W/Hz))				–207,00		–207,00
Marge (dB)				22,57		20,82

TABLEAU 10

Brouillage causé par le diffusiomètre 1 à un système AHF

Paramètres	18° par rapport au nadir (El: 69,7°)		57° par rapport au nadir (El: 19,7°)	
	Brouillage d'une station de base	Brouillage d'une station distante	Brouillage d'une station de base	Brouillage d'une station distante
Puissance émise (dBW)	36,8		36,8	
Gain d'antenne d'émission (dBi)	31,0		32,5	
Affaiblissement dans l'espace libre (dB)	−165,3 (825 km)		−171,8 (1 745 km)	
Gain d'antenne de réception (dBi)	−14,2	−4,9	−5,9	0,6
Affaiblissement dans la ligne d'alimentation AHF (dB)	−5,0	−10,0	−5,0	−10,0
Puissance reçue (dBW)	−116,7	−112,4	−113,4	−111,9
Seuil de brouillage AHF (dBW)	−128,8		−128,8	
Marge (dB)	−12,1	−16,4	−15,4	−16,9

4.3.3 Résumé

Il est démontré que le partage de fréquences entre les diffusiomètres et les systèmes AHF est possible. Les systèmes AHF seraient soumis à de courtes périodes d'important brouillage causé par les diffusiomètres lorsque ceux-ci les survolent. Ce brouillage est considéré comme acceptable, compte tenu de la faible probabilité de brouillage causé par les diffusiomètres et du faible évanouissement au niveau des systèmes AHF. Cependant des études complémentaires pourraient être requises sur les effets détaillés du brouillage causé aux systèmes AHF.

5 Conclusion

Le partage de fréquences entre le SETS/le service de recherche spatiale (active) et les systèmes AHF est possible à condition que le déploiement des systèmes AHF soit contrôlé de telle manière que la p.i.r.e. totale du brouillage causé par des systèmes AHF au satellite du SETS ou du service de recherche spatiale ne dépasse pas −7,6 dB(W/20 MHz) dans la zone de couverture du capteur actif à bord du satellite. Les systèmes AHF seraient soumis à de courtes périodes de brouillage causé par des capteurs actifs à bord de satellites du SETS/ou du service de recherche spatiale lorsque ceux-ci les survolent. Ce brouillage est considéré comme acceptable pour cette bande, compte tenu de la faible probabilité de brouillage causé par les capteurs actifs et du faible évanouissement au niveau des systèmes AHF.

Il est à noter que ces conclusions s'appliquent uniquement au partage entre les systèmes AHF et le SETS ou le service de recherche spatiale (active), et ne concernent pas l'éventuelle augmentation du brouillage cumulatif causé au SETS/et au service de recherche spatiale (active), augmentation due aux stations mobiles qui pourraient également fonctionner dans la zone de couverture du satellite du SETS/du service de recherche spatiale (active). Cependant, des études ont indiqué qu'il est difficile pour des systèmes AHF et pour d'autres types de systèmes d'accès hertzien (y compris les RLAN) d'être exploités simultanément avec la même couverture et sur la même fréquence. Cette question nécessite un complément d'étude mais elle est supposée ne pas avoir d'incidence sur les conclusions données dans la présente Recommandation.

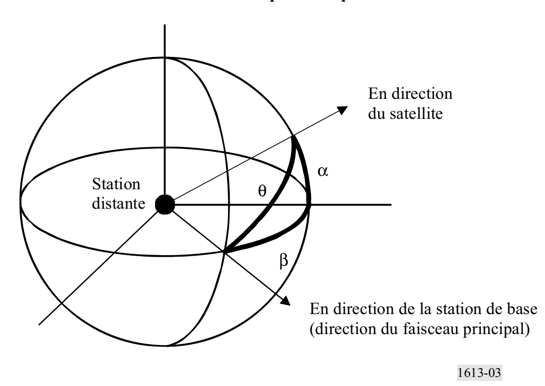
Appendice 1
à l'Annexe 1

Brouillage causé à un capteur actif spatioporté par les lobes latéraux de stations distantes AHF

Dans une cellule AHF, les stations distantes sont dispersées autour de la station de base. On suppose que ces stations distantes entourent la station de base uniformément en termes d'angles d'azimut observés depuis la station de base. Etant donné que le faisceau principal des stations distantes pointe en direction de la station de base, l'angle par rapport au faisceau principal d'une station distante est plus grand que l'angle d'élévation en direction du satellite du SETS/du service de recherche spatiale en raison de l'espacement angulaire azimutal comme le montre la Fig. 3.

FIGURE 3

Angle θ entre le faisceau principal et la direction du satellite du SETS/du service de recherche spatiale depuis la station distante



L'angle θ entre le faisceau principal et la direction du satellite depuis la station distante est calculé à partir de la formule suivante, dans l'hypothèse où l'élévation de l'antenne de la station distante est de 0°:

$$\cos \theta = \cos \alpha \cdot \cos \beta$$

où:

α: angle d'élévation en direction du satellite

β: espacement angulaire azimutal entre la direction du satellite et celle de la station de base.

Si on suppose que β est réparti uniformément de 0 à 360°, le gain moyen en direction du satellite est calculé comme illustré dans le Tableau 11.

TABLEAU 11

Gain moyen de l'antenne des stations distantes en direction du satellite

Elévation du satellite (degrés)	70	30
Gain moyen (dBi)	–4,96	–2,34

Appendice 2
à l'Annexe 1

Liste des abréviations

AHF Accès hertzien fixe

AMDC Accès multiple avec détection de porteuse (*carrier sense multiple access*)

AMRT Accès multiple par répartition dans le temps

Az Azimut

BW Bande passante (*bandwidth*)

CW Onde entretenue (*continuous wave*)

El Elévation

MF Modulation de fréquence

FRI Fréquence de répétition des impulsions

RF Radiofréquence

RLAN Réseau radioélectrique local (*radio local area network*)

SAR Radar à synthèse d'ouverture (*synthetic aperture radar*)

SETS Service d'exploration de la Terre par satellite

SRS Service de recherche spatiale

RECOMMANDATION UIT-R RA.1631

Diagramme de rayonnement de référence d'antenne de station de radioastronomie à utiliser pour des analyses de compatibilité entre systèmes non OSG et stations du service de radioastronomie effectuées sur la base du concept de puissance epfd

(Question UIT-R 146/7)

(2003)

L'Assemblée des radiocommunications de l'UIT,

considérant

a) qu'il est nécessaire de déterminer les niveaux des brouillages susceptibles d'être causés à des sites d'observation types, par diverses sources de brouillage;

b) que, pour déterminer ces niveaux de brouillage, un diagramme d'antenne de référence doit être défini;

c) que la Recommandation UIT-R SA.509 contient un diagramme d'antenne de référence représentant les niveaux de gain des lobes latéraux qui ne seront sans doute pas dépassés pour la plupart des angles hors axe de la majorité des antennes utilisés dans le service considéré;

d) que l'utilisation du diagramme d'antenne donné dans la Recommandation UIT-R SA.509 est pertinente pour certaines analyses de compatibilité ou de partage;

e) que si le diagramme de rayonnement de l'enveloppe de crête donné dans la Recommandation UIT-R SA.509 est utilisé pour évaluer le brouillage cumulatif causé par un grand nombre de sources de brouillage, les valeurs de brouillage prévues seront supérieures aux valeurs observées dans la pratique;

f) que la Recommandation UIT-R S.1586 et la Recommandation UIT-R M.1583 fournissent une méthode fondée sur le concept de puissance epfd défini dans le numéro 22.5C du Règlement des radiocommunications pour le calcul des niveaux de rayonnements non désirés produits par un système à satellites non géostationnaires au niveau des sites de radioastronomie;

g) qu'il est nécessaire d'utiliser un diagramme de rayonnement d'antenne représentant les niveaux moyens des lobes latéraux pour prévoir les brouillages causés à une station de radioastronomie par une ou plusieurs stations à défilement rapide vues sous un angle continûment variable (cas d'une ou plusieurs stations d'un système non OSG par exemple);

h) qu'il est préférable d'utiliser une formule mathématique simple plutôt qu'un diagramme de rayonnement représentant les niveaux moyens des lobes latéraux;

j) que pour obtenir la valeur de puissance epfd due aux niveaux de rayonnements non essentiels produits par un système à satellites non géostationnaires au niveau des stations de radioastronomie, il est nécessaire d'utiliser la valeur du gain d'antenne maximal type d'une station du service de radioastronomie (SRA),

recommande

1 d'utiliser, en l'absence d'informations particulières concernant le diagramme de rayonnement de l'antenne de station de radioastronomie concernée, le modèle mathématique du diagramme de rayonnement moyen donné ci-après pour les analyses de compatibilité entre systèmes non OSG et stations SRA:

$G(\varphi) = G_{max} - 2{,}5 \times 10^{-3}\left(\frac{D}{\lambda}\varphi\right)^2$	dBi	pour	$0 < \varphi < \varphi_m$
$G(\varphi) = G_1$		pour	$\varphi_m \leq \varphi < \varphi_r$
$G(\varphi) = 29 - 25 \log \varphi$	dBi	pour	$\varphi_r \leq \varphi < 10°$
$G(\varphi) = 34 - 30 \log \varphi$	dBi	pour	$10° \leq \varphi < 34{,}1°$
$G(\varphi) = -12$	dBi	pour	$34{,}1° \leq \varphi < 80°$
$G(\varphi) = -7$	dBi	pour	$80° \leq \varphi < 120°$
$G(\varphi) = -12$	dBi	pour	$120° \leq \varphi \leq 180°$

où:

$$G_{max} = 20 \log\left(\frac{D}{\lambda}\right) + 20 \log \pi \qquad \text{dBi}$$

$$G_1 = -1 + 15 \log \frac{D}{\lambda} \qquad \text{dBi}$$

$$\varphi_m = \frac{20\lambda}{D}\sqrt{G_{max} - G_1} \qquad \text{degrés}$$

$$\varphi_r = 15{,}85 \left(\frac{D}{\lambda}\right)^{-0{,}6} \qquad \text{degrés}$$

D: diamètre du télescope (m)

λ: longueur d'onde (m);

2 d'adopter le modèle mathématique suivant du diagramme de rayonnement afin de disposer d'une représentation plus précise du diagramme de rayonnement du faisceau principal aux fréquences au-dessus de 150 MHz:

$$G(\varphi) = G_{max}\left[\frac{J_1(2\pi x)}{\pi x}\right]^2 \qquad \text{(gain exprimé par un rapport de puissances et non en dB)}$$

où:

$J_1(x)$: fonction de Bessel du premier ordre

$G_{max} = \left[\frac{4\pi A_{eff}}{\lambda^2}\right]$: gain d'antenne maximal (exprimé par un rapport de puissances et non en dB)

$A_{eff} = \pi(D/2)^2$: surface d'ouverture du télescope (m^2)

D: diamètre du télescope (m)

λ: longueur d'onde (m)

et où:

$$x = \frac{\pi \cdot D \cdot \varphi}{360 \cdot \lambda}$$ avec φ, angle hors axe (degrés) ($0 \le \varphi < \varphi_0$)

φ_0 : premier zéro du diagramme d'antenne pour un angle hors axe de 69,88/(D/λ) (degrés)

et d'adopter le modèle mathématique suivant du diagramme de rayonnement pour disposer d'une représentation plus précise du diagramme de rayonnement des lobes latéraux proches situés à moins de 1° de l'axe de visée aux fréquences au-dessus de 150 MHz:

$$G(\varphi) = B\left[\frac{\cos(2\pi x - 3\pi/4 + 0{,}0953)}{\pi x}\right]^2$$ (gain exprimé par un rapport de puissances et non en dB)

où:

$$x = \frac{\pi \cdot D \cdot \varphi}{360 \cdot \lambda}$$ avec φ, angle hors axe (degrés) ($\varphi_0 \le \varphi \le 1°$)

D : diamètre du télescope

λ : longueur d'onde

et:

$$B = 10^{3,2}\, \pi^2\, ((\pi D/2)/(180 \cdot \lambda))^2$$

Ce modèle de faisceau principal correspond au cas idéal d'un rendement d'ouverture de 100%;

3 d'utiliser les valeurs suivantes du gain d'antenne maximal type pour une station SRA dans les analyses de compatibilité entre systèmes non OSG et stations SRA.

Bande attribuée au SRA (MHz)	**Gain d'antenne maximal type**
150,05-153	44
322-328,6	51
406,1-410	53
608-614	56
1 400-1 427	63
1 610,6-1 613,8	64
1 660-1 670	65
2 690-2 700	69
4 990-5 000	74

Bande attribuée au SRA (GHz)	**Gain d'antenne maximal type**
10,6-10,7	81
14,47-14,5	84
15,35-15,4	84
22,21-22,5	87
23,6-24	88
31,3-31,7	90
42,5-43,5	93

Le diamètre d'antenne correspondant peut être obtenu à partir des équations suivantes (voir le point 2 du *recommande*):

$$G_{max} = \left[\frac{4\pi A_{eff}}{\lambda^2} \right]$$ gain maximal (exprimé par un rapport de puissances)

où:

$A_{eff} = \pi(D/2)^2$: surface d'ouverture du téléscope (m^2)

D: diamètre du télescope (m)

λ: longueur d'onde (m).

RECOMMANDATION UIT-R RS.1632*

Partage dans la bande 5 250-5 350 MHz entre le service d'exploration de la Terre par satellite (active) et les systèmes d'accès hertzien (y compris les réseaux locaux radioélectriques) dans le service mobile

(Question UIT-R 218/7)

(2003)

L'Assemblée des radiocommunications de l'UIT,

considérant

a) que la bande de fréquences 5 250-5 350 MHz est attribuée au service d'exploration de la Terre par satellite (SETS) (active) et au service de radiolocalisation à titre primaire;

b) que certaines administrations ont proposé d'utiliser la bande 5 250-5 350 MHz pour les réseaux locaux hertziens (WLAN, *wireless local area network*) à haut débit et faible puissance ou aux réseaux locaux radioélectriques (RLAN, *radio local area network*);

c) que l'on propose de mettre en place ces WLAN à grand débit dans cette bande à titre de systèmes ne faisant pas l'objet de licences, de sorte que le contrôle réglementaire de la densité de leur déploiement n'est pas envisageable,

reconnaissant

a) que l'UIT-R poursuit les études engagées pour faciliter le partage entre les systèmes d'accès hertzien (y compris les RLAN) et le SETS (active),

notant

a) que certaines administrations ont adopté des limites techniques qui permettent d'exploiter des systèmes d'accès hertzien (y compris des RLAN) avec une limite de p.i.r.e. de 1 W, tandis que d'autres administrations ont adopté des limites de p.i.r.e. plus rigoureuses,

recommande

1 de considérer que le partage entre des détecteurs actifs spatiaux aéroportés du SETS présentant les caractéristiques spécifiées dans l'Annexe 1 et des WLAN à haut débit dans la bande 5 250-5 350 MHz est faisable lorsque les systèmes d'accès hertzien (y compris les RLAN) sont assujettis aux contraintes de fonctionnement spécifiées dans l'Annexe 2;

2 que le niveau de protection requis pour les systèmes du SETS donnés dans l'Annexe 1 peut aussi être respecté en se conformant aux autres ensembles de limites techniques et opérationnelles étudiées au point a) du *reconnaissant*.

---

* La Commission d'études 7 des radiocommunications a apporté des modifications rédactionnelles à cette Recommandation.

Annexe 1

Caractéristiques techniques des détecteurs actifs spatioportés dans la bande 5 250-5 570 MHz

Les Tableaux 1 et 2 ci-dessous spécifient les caractéristiques techniques des détecteurs actifs spatioportés fonctionnant à 5,3 GHz.

TABLEAU 1

Caractéristiques types des radars imageurs spatioportés fonctionnant à 5,3 GHz

Paramètre	Valeur			
	SAR1	SAR2	SAR3	SAR4
Altitude orbitale (km)	426 (circulaire)	600 (circulaire)	400 (circulaire)	400 (circulaire)
Inclinaison orbitale (degrés)	57	57	57	57
Radiofréquence centrale (MHz)	5 305	5 405	5 405	5 300
Puissance rayonnée maximale (W)	4,8	4 800	1 700	1 700
Polarisation	Horizontale (HH)	Horizontale et verticale (HH, HV, VH, VV)	Horizontale et verticale (HH, HV, VH, VV)	Horizontale et verticale (HH, HV, VH, VV)
Modulation par impulsion	Impulsion MF linéaire	Impulsion MF linéaire	Impulsion MF linéaire	Impulsion MF linéaire
Largeur de bande d'impulsion (MHz)	8,5	310	310	40
Durée d'impulsion (μs)	100	31	33	33
Fréquence de répétition des impulsions/s	650	4 492	1 395	1 395
Facteur d'utilisation (%)	6,5	13,9	5,9	5,9
Facteur de compression	850	9 610	10 230	1 320
Type d'antenne (m)	Réseaux d'éléments en phase $0,5 \times 16,0$	Réseaux d'éléments en phase $1,8 \times 3,8$	Réseaux d'éléments en phase $0,7 \times 12,0$	Réseaux d'éléments en phase $0,7 \times 12,0$

TABLEAU 1 (*fin*)

Paramètre	**Valeur**			
	SAR1	**SAR2**	**SAR3**	**SAR4**
Gain maximal d'antenne (dBi)	42,2	42,9	42,7/38 mise au point optimale/ faisceau dégradé	42,7/38 mise au point optimale/ faisceau dégradé
Gain moyen de l'antenne en lobe latéral (dBi)	–5	–5	–5	–5
Orientation de l'antenne par rapport au nadir (degrés)	30	20-38	20-55	20-55
Largeur de bande de l'antenne (degrés)	8,5 (élévation), 0,25 (azimut)	1,7 (élévation), 0,78 (azimut)	4,9/18,0 (élévation), 0,2 (azimut)	4,9/18,0 (élévation), 0,25 (azimut)
Polarisation de l'antenne	Linéaire horizontale/verticale	Linéaire horizontale/verticale	Linéaire horizontale/verticale	Linéaire horizontale/verticale
Point de compression à 1 dB de l'étage d'entrée du récepteur (dBW)	Entrée –62	Entrée –62	Entrée –62	Entrée –62
Seuil de saturation des valeurs admissibles de densité par rapport à l'entrée du récepteur	Entrée –114/–54 dBW pour un gain à la réception de 71/11 dB	Entrée –114/–54 dBW pour un gain à la réception de 71/11 dB	Entrée –114/–54 dBW pour un gain à la réception de 71/11 dB	Entrée –114/–54 dBW pour un gain à la réception de 71/11 dB
Puissance maximale admise à l'entrée du récepteur (dBW)	+7	+7	+7	+7
Période d'activation (%)	30 de l'orbite	30 de l'orbite	30 de l'orbite	30 de l'orbite
Durée minimale de formation d'image (s)	9	15	15	15
Zone de service	Masses terrestres et régions côtières	Masses terrestres et régions côtières	Masses terrestres et régions côtières	Masses terrestres et régions côtières
Largeur de la zone d'acquisition (km)	50	20	16/320	16/320

TABLEAU 2

Caractéristiques types d'un altimètre radar spatioporté à 5,3 GHz

Caractéristiques de la mission Jason	
Vie utile	5 ans
Altitude	1 347 km ± 15 km
Inclinaison	66°
Caractéristiques de l'altimètre Poséidon 2	
Type de signal	Impulsion linéaire modulée en fréquence
Fréquence de répétition des impulsions en bande C	300 Hz
Durée d'une impulsion	105,6 μs
Fréquence porteuse	5,3 GHz
Largeur de bande	320 MHz
Puissance maximale radiofréquence à l'émission	17 W
Puissance moyenne radiofréquence à l'émission	0,54 W
Gain d'antenne	32,2 dBi
Ouverture à 3 dB	3,4°
Niveau en lobe latéral/maximum	–20 dB
Niveau en lobe arrière/maximum	–40 dB
Empreinte du faisceau à –3 dB	77 km
Seuil de brouillage	–118 dBW

TABLEAU 3

Caractéristiques types d'un diffusiomètre spatioporté à 5,3 GHz

Paramètre	Valeur	
Désignation du système	Diffusiomètre 1	Diffusiomètre 2
Altitude orbitale (km)	780	800
Inclinaison (degrés)	98,5	98,5
Fréquence centrale (GHz)	5,3	5,255
Largeur d'impulsion	70 μs (milieu) 130 μs (avant/arrière)	8 ms (milieu) 10,1 ms (avant/arrière)
Modulation	Onde entretenue interrompue	Impulsion linéaire modulée en fréquence
Largeur de bande de l'émetteur (kHz)	15	500
Fréquence de répétition des impulsions (Hz)	115 (milieu) 98 (avant/arrière)	29,4
Type d'antenne	Guide à fente	Guide à fente

TABLEAU 3 (*fin*)

Paramètre	Valeur	
Gain d'antenne (dBi)	31 (milieu) 32,5 (avant/arrière)	28,5 (milieu) 29,5 (avant/arrière)
Orientation du faisceau principal de l'antenne (degrés)	Angles d'incidence: 18-47 (milieu) 24-57 (avant/arrière)	Angles d'incidence: 25,0-54,5 (milieu) 33,7-65,3 (avant/arrière)
Ouverture du faisceau (–3 dB) de l'antenne, élévation	24° 26° (milieu) (avant/arrière)	23,6° 23,9° (milieu) (avant/arrière)
Ouverture du faisceau, azimut	1,3° 0,8°	1,1° 0,8°
Angle d'élévation de l'instrument (degrés)	29,3	37,6
Polarisation de l'antenne	Verticale	Verticale
Puissance maximale de l'émetteur	4,8 kW	120 W
Température de bruit du récepteur (dB)	Facteur de bruit: 3	Facteur de bruit: 3
Zone de service	Zones océaniques et côtières, masses terrestres	Zones océaniques et côtières, masses terrestres

Annexe 2

Contraintes de partage entre détecteurs actifs spatioportés et WLAN à haut débit dans la bande 5 250-5 350 MHz

1 Introduction

La présente Annexe expose les résultats de trois analyses de partage, dans la bande 5 250-5 350 MHz, entre des détecteurs actifs spatioportés et des WLAN à haut débit. Dans la première étude, qui fait l'objet du § 2 de cette Annexe, les caractéristiques des RLAN sont celles des réseaux RLAN à hautes performances (HIPERLAN) type 1 classes B et C et HIPERLAN type 2, et celles des détecteurs actifs spatioportés sont celles des détecteurs de type SAR4. On constate que le partage de la bande 5 250-5 350 MHz entre des HIPERLAN type 1 classe B et HIPERLAN type 2 (utilisés à l'intérieur de bâtiments seulement) et des détecteurs SAR4 est possible, tandis que le partage n'est pas envisageable avec des HIPERLAN type 1 classe C, pas plus d'ailleurs qu'avec des HIPERLAN utilisés en extérieur, compte tenu des caractéristiques techniques prises pour hypothèse dans cette étude.

Dans la deuxième étude, qui fait l'objet du § 3 de cette Annexe, les RLAN sont de types RLAN1, RLAN2 et RLAN3, tandis que les détecteurs actifs spatioportés ont les caractéristiques des détecteurs SAR2, SAR3 et SAR4. Ici, dans la configuration comportant un seul émetteur en service en extérieur, les brouillages occasionnés par l'émetteur WLAN à haut débit de type RLAN1 dépassaient le niveau acceptable par les détecteurs de type SAR4, les brouillages occasionnés par l'émetteur WLAN à haut débit de type RLAN2 dépassaient le niveau acceptable par les SAR3 et les SAR4, et les brouillages occasionnés par l'émetteur WLAN à haut débit de type RLAN3 dépassaient le niveau acceptable par les SAR4. Dans des configurations RLAN mixtes (intérieur/extérieur), un RLAN1 (avec, par hypothèse, seulement 12 émetteurs actifs par km^2 dans la

zone de couverture de l'empreinte du SAR et un seul canal en service) peut partager la bande avec des détecteurs de type SAR2, SAR3 et SAR4, mais un RLAN2 avec 1 200 émetteurs actifs par ensemble administratif et 14 canaux répartis sur une bande de 330 MHz, ne peut pas partager la bande avec des détecteurs de types SAR2, SAR3 et SAR4. A l'intérieur de bâtiments, et compte tenu des brouillages occasionnés par un WLAN à haut débit de type RLAN3 à un détecteur actif spatioporté, l'analyse montre qu'une densité inférieure à 37-305 émetteurs/km^2/canal sera à l'origine de brouillages pouvant être considérés comme acceptables au niveau des détecteurs actifs spatioportés, selon le rapport *S*/*N* par pixel du détecteur imageur considéré. La densité moyenne estimative est de 1 200 émetteurs dans le cas d'un complexe administratif important et de 250 émetteurs dans le cas d'un espace industriel. La densité estimative haute est de 14 canaux de 23,6 MHz chacun, répartis sur une bande de 330 MHz. En ce qui concerne les brouillages occasionnés par une configuration WLAN à haut débit de type RLAN3 à des détecteurs actifs spatioportés, l'analyse fait apparaître que la densité de surface doit être inférieure à 518-4 270 émetteurs/km^2/14 canaux pour que les niveaux de brouillage occasionnés par les réseaux locaux (LAN) à haut débit à des détecteurs actifs spatioportés soient considérés comme acceptables. Dans le cas de brouillage occasionnés par des RLAN3 à des détecteurs de type SAR2 et SAR4, ces valeurs correspondraient à environ 3-12 complexes administratifs ou 15-60 zones industrielles dans l'empreinte du détecteur, selon le rapport *S*/*N* par pixel du SAR.

Dans la troisième étude, qui fait l'objet du § 4 de cette Annexe, les caractéristiques des RLAN sont les caractéristiques les plus critiques des systèmes HIPERLAN de type 1, tandis que les caractéristiques retenues dans le cas de l'altimètre sont celles du Tableau 2 de l'Annexe 1. Dans une bande de 320 MHz articulée sur 5,3 GHz, le fonctionnement de l'altimètre radar est compatible avec celui des réseaux locaux HIPERLAN.

Dans la quatrième étude, qui fait l'objet du § 5 de cette Annexe, les caractéristiques des RLAN sont celles des systèmes HIPERLAN de type 2, et les caractéristiques du diffusiomètre sont celles du Tableau 3 de l'Annexe 1. Au voisinage de 5,3 GHz, le fonctionnement d'un diffusiomètre est compatible avec celui d'un HIPERLAN exploité à l'intérieur de bâtiments.

2 Configurations HIPERLAN types 1 et 2/SAR

2.1 Caractéristiques techniques des deux systèmes

Les caractéristiques techniques des WLAN retenus pour l'analyse de partage sont celles des systèmes HIPERLAN de types 1 et 2, conformes aux spécifications européennes de l'Institut européen des normes de télécommunication (ETSI) EN 300 652 (type 1) et TS 101 683 (type 2). Les valeurs utilisées pour les autres paramètres (affaiblissement dans les bâtiments, facteur d'utilisation, densité, etc.) sont celles définies par le groupe ERM de l'ETSI pour l'Europe.

HIPERLAN type 1:

RLAN à haut débit compatible avec les LAN filaires conformes aux normes Ethernet et Token-ring ISO 8802.3 et ISO 8802.5.

Caractéristiques techniques:

p.i.r.e. (haut débit binaire dans 23,5 MHz, faible débit binaire dans 1,4 MHz):

	classe A: p.i.r.e. maximum 10 dBm
	classe B: p.i.r.e. maximum 20 dBm
	classe C: p.i.r.e. maximum 30 dBm
Espacement des canaux:	30 MHz
Directivité de l'antenne:	équidirective

Sensibilité minimale utile à la réception: −70 dBm

Puissance de bruit
du récepteur (23,5 MHz): −90 dBm

C/*I* pour un TEB de 10^{-3} à haut débit binaire: 20 dB

Portée utile (classe C): 50 m.

Seuls les systèmes de classe B (p.i.r.e. maximum 100 mW) et de classe C (p.i.r.e. maximum 1 W) sont considérés dans cette étude.

HIPERLAN type 2:

RLAN à haut débit compatible avec les LAN filaires aux normes ATM et IP.

Caractéristiques techniques:

p.i.r.e.: 0,2 W (dans la bande 5 250-5 350 MHz)

Largeur de bande par canal: 16 MHz

Espacement des canaux: 20 MHz

Directivité de l'antenne: équidirective

Sensibilité minimale utile à la réception: −68 dBm (à 54 Mbit/s) à −85 dBm (à 6 Mbit/s)

Puissance de bruit du récepteur (16 MHz): −93 dBm

C/*I*: 8-15 dB

Portée utile: 30-80 m.

En Europe, dans la bande 5 250-5 350 MHz, la p.i.r.e. est limitée à 200 mW et l'utilisation de HIPERLAN n'est autorisée que sous réserve de conformité aux caractéristiques obligatoires suivantes:

– commande de puissance de l'émetteur, permettant d'obtenir au moins 3 dB d'atténuation;

– sélection dynamique de fréquence associée au système de sélection des canaux, permettant d'obtenir une répartition uniforme de la charge sur 330 MHz au minimum.

Actuellement, les réseaux locaux HIPERLAN/1 n'offrent pas ces deux fonctionnalités.

Le système de sélection dynamique de fréquence non seulement permet d'obtenir une répartition uniforme de la charge mais encore permet à chaque réseau HIPERLAN de détecter les brouillages occasionnés par d'autres systèmes et donc d'éviter de fonctionner dans des canaux déjà occupés, notamment par des systèmes radar. Le réseau local repère les canaux libres et se commute automatiquement sur ces canaux, de sorte qu'un grand nombre de systèmes HIPERLAN peuvent être actifs dans un même complexe administratif.

Il convient de noter que les paramètres spécifiés dans les scénarios de configuration reposent sur l'hypothèse que l'on dispose au total de 330 MHz pour les WLAN. Si l'on suppose qu'une telle largeur de bande est disponible dans deux sous-bandes (5 150-5 350 MHz plus 130 MHz au-dessus de 5 470 MHz), et compte tenu d'une part de l'espacement des canaux et d'autre part de la nécessité de ménager une bande de garde en limite des deux sous-bandes, le nombre supposé de canaux retenus dans notre étude est de 8 pour les systèmes de type 1 et de 14 pour les systèmes de type 2.

Les autres paramètres HIPERLAN retenus pour l'étude sont les paramètres définis par l'ETSI:

– affaiblissement moyen dans les bâtiments en direction des instruments SETS: 17 dB;
– rapport actif/passif: 5%;
– pourcentage d'utilisation en extérieur: 15%;
– scénarios de configuration: 1 200 systèmes pour les grands bâtiments administratifs, 250 systèmes pour les zones industrielles.

Pour les détecteurs actifs spatioportés, on applique les caractéristiques SAR de l'Annexe 1 de la présente Recommandation. Le système SAR type 4 est retenu comme exemple dans l'analyse des brouillages HIPERLAN sur SAR, mais on obtient des résultats analogues avec les autres types d'équipements. Les détecteurs SAR de types 2-4 ont été utilisés pour l'analyse des brouillages SAR sur HIPERLAN.

2.2 Analyse de partage (dans le sens WLAN vers SAR)

Les résultats de l'analyse de partage sont donnés au Tableau 4 pour les trois cas considérés: HIPERLAN type 1 (classe B et classe C) et HIPERLAN type 2.

Compte tenu de la densité de systèmes HIPERLAN supposée (1 200 systèmes par bâtiment administratif principal et 250 systèmes par site industriel), les configurations extérieur seulement ou mixtes intérieur-extérieur n'offrent pas de possibilités de partage à proprement parler, quel que soit le cas considéré.

Dans un environnement intérieur seulement, le partage n'est pas faisable pour les systèmes de classe C type 1 à forte puissance, alors que les cas type 1 classe B et type 2, appellent un complément d'étude.

En fait, la limite de 440 systèmes indiquée au Tableau 4 pour les systèmes de type 2 en environnement intérieur exclusivement est une limite par canal. Avec la fonction de sélection dynamique de fréquence mentionnée plus haut, on peut poser en hypothèse que les systèmes HIPERLAN de type 2 peuvent être répartis sur les 14 canaux disponibles, ce qui donne une limite supérieure théorique de 6 160 systèmes dans l'empreinte de 76,5 km^2 du SAR. Avec un système type 1 de classe B, la limite supérieure est de 5 208 systèmes.

TABLEAU 4

Capacité active acceptable d'un système HIPERLAN dans des canaux partagés avec des détecteurs SAR4

Type de système HIPERLAN	Type 1/Classe B		Type 1/Classe C		Type 2	
Paramètre	**Valeur**	**dB**	**Valeur**	**dB**	**Valeur**	**dB**
Puissance d'émission maximale (W) Effet moyen de la commande de puissance d'émission	0,1 Non disponible	–10	1 Non disponible	0	0,2	–7 –3
Distance (km) et affaiblissement en espace libre	425,7	–159,5	425,7	–159,5	425,7	–159,5
Affaiblissement additionnel sur le trajet du signal émis (dB): – en extérieur seulement – en intérieur seulement – environnement mixte (15% extérieur)		 0 –17 –7,8		 0 –17 –7,8		 0 –17 –7,8
Gain d'antenne, émission (dB)		0		0		0

TABLEAU 4 (*fin*)

Type de système HIPERLAN	**Type 1/Classe B**		**Type 1/Classe C**		**Type 2**	
Paramètre	**Valeur**	**dB**	**Valeur**	**dB**	**Valeur**	**dB**
Gain d'antenne, réception (dB)		42,7		42,7		42,7
Affaiblissement de polarisation (dB)		–3		–3		–3
Seuil de brouillage SAR (I/N = –6 dB) (dB(W/Hz))		–205,4		–205,4		–205,4
Puissance reçue (dB(W/canal)) (canal: Type 1: 23,5 MHz Type 2: 16 MHz): – extérieur seulement – intérieur seulement – environnement mixte (15% extérieur)		 –129,8 –146,8 –137,6		 –119,8 –136,8 –127,6		 –129,8 –146,8 –137,6
Puissance reçue (dB(W/Hz)): – extérieur seulement – intérieur seulement – environnement mixte (15% extérieur)		 –203,5 –220,5 –211,3		 –193,5 –210,5 –201,3		 –201,8 –218,8 –209,6
Marge (dB/(Hz^{-1})): – extérieur seulement – intérieur seulement – environnement mixte (15% extérieur)		 –1,9 15,1 5,9		 –11,9 5,1 –4,1		 –3,6 13,4 4,2
Empreinte de l'antenne SAR (km^2)	76,5	18,8	76,5	18,8	76,5	18,8
Densité admise de système HIPERLAN actifs (/km^2/canal): – extérieur seulement – intérieur seulement – environnement mixte (15% extérieur)	 0,0085 0,43 0,051	 –20,7 –3,7 –12,9	 0,00085 0,043 0,0051	 –30,7 –13,7 –22,9	 0,0058 0,29 0,034	 –22,4 –5,4 –14,6
Rapport actif/passif	5%	13	5%	13	5%	13
Total admissible (actif + passif) densité HIPERLAN (/km^2/canal): – extérieur seulement – intérieur seulement – environnement mixte (15% extérieur)	 0,17 8,51 1,02	 –7,7 9,3 0,1	 0,017 0,851 0,102	 –17,7 –0,7 –9,9	 0,11 5,75 0,69	 –9,4 7,6 –1,6
Nombre maximum de systèmes HIPERLAN actifs + passifs par canal dans l'empreinte du système SAR (76,5 km^2): – extérieur seulement – intérieur seulement – environnement mixte (15% extérieur)	 13 651 78		 1 65 8		 8 440 53	

Ces valeurs correspondent approximativement à cinq complexes administratifs importants dans l'empreinte de 76,5 km^2 du SAR et cette configuration, certes loin de correspondre au cas le plus défavorable, peut être considérée comme une hypothèse raisonnable en milieux urbain et suburbain.

En conséquence, on peut conclure que les deux services peuvent, à la rigueur, partager la bande lorsque les systèmes mis en service à l'intérieur des bâtiments sont des HIPERLAN de type 2 ou de type 1, classe B.

Le système de sélection dynamique de fréquence permettra d'obtenir une répartition uniforme de la charge sur les canaux disponibles. Si la sélection du canal n'est pas aléatoire, cette hypothèse ne tiendra probablement pas et la conclusion devra être revue.

2.3 Analyse de partage (brouillages dans le sens SAR vers WLAN à haut débit)

Lorsqu'il s'agit d'analyser les brouillages potentiels dans le sens détecteur actif spatioporté vers WLAN à haut débit, la première étape consiste à déterminer la puissance du signal émanant des lobes latéraux de l'antenne du détecteur et rayonnée à la surface de la Terre. Dans cette analyse, on a utilisé le gain moyen en lobe latéral puisque les lobes latéraux présentent à la surface de la Terre une empreinte considérablement plus importante que celle du faisceau présentant le gain maximal, et que les brouillages rayonnés persistent davantage dans le temps. On détermine ensuite le seuil toléré par le récepteur du WLAN à haut débit. On calcule alors la marge de brouillage en comparant le niveau de brouillage imputable au détecteur au seuil de brouillage toléré par le LAN. Le Tableau 5 indique les valeurs de marge de brouillage dans le cas de brouillages occasionnés par les lobes latéraux d'un système SAR 2-4 à un WLAN à grand débit en extérieur dans la bande 5 250-5 350 MHz. Ce Tableau montre que la marge est positive, de sorte que le partage serait envisageable.

TABLEAU 5

Lobes latéraux SAR sur WLAN à haut débit

Paramètre	SAR2		SAR3		SAR4	
	Valeur	dB	Valeur	dB	Valeur	dB
Puissance d'émission (W)	4 800,00	36,81	1 700,00	32,30	1 700,00	32,30
Gain d'antenne d'émission (dB)	–5,00	–5,00	–5,00	–5,00	–5,00	–5,00
Gain d'antenne de réception (dB)	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
Longueur d'onde (m)	$5,65 \times 10^{-2}$	–24,96	$5,65 \times 10^{-2}$	–24,96	$5,65 \times 10^{-2}$	–24,96
$(4\pi)^{-2}$	$6,33 \times 10^{-3}$	–21,98	$6,33 \times 10^{-3}$	–21,98	$6,33 \times 10^{-3}$	–21,98
Distance (km)	638,51	–116,10	425,67	–112,58	425,67	–112,58
Réduction de la largeur de bande (dB)	–12,87	–12,87	–12,87	–12,87	–3,98	–3,98
Puissance reçue (dBW)		–144,11		–145,09		–136,20
Seuil de brouillage HIPERLAN		–115,00		–115,00		–115,00
Marge (dB)		29,11		30,09		21,20

Toutefois, s'agissant des systèmes SAR 2-4, les gains d'antenne maximaux sont supérieurs de 43-47,7 dB à la moyenne des niveaux des lobes latéraux (–5 dBi). En conséquence, pendant toute la durée du passage, qui, en ce qui concerne le faisceau principal du détecteur, serait comprise entre 0,5 et 1,0 s, les niveaux de brouillage SAR à la surface seraient supérieurs au seuil toléré par le WLAN dans le cas le plus défavorable (HIPERLAN type 2: –115 dBW). Cette constatation ressort du Tableau 5 (la marge devenant négative).

Une méthode plus adéquate de détermination du niveau maximal de brouillage tolérable consisterait à tenir compte du rapport C/I, qui doit dépasser 15 dB. Lorsque les émetteurs RLAN sont à 50 m les uns des autres (scénario le plus défavorable), le niveau de brouillage tolérable peut augmenter

de 10 dB (–105 au lieu de –115 dBW). Dans le cas d'un détecteur SAR4, l'analyse indique que la marge, dans le cas le plus défavorable, se chiffre à –16,5 dB pour des équipements utilisés en extérieur. Lorsque les RLAN sont utilisés à l'intérieur de bâtiments (affaiblissement de 17 dB), on constate un scénario de partage légèrement positif. La période de répétition du SAR est de 8-10 jours, bien que le détecteur ne soit pas nécessairement actif à chaque passage. En conséquence, une zone donnée de la Terre ne serait illuminée par le faisceau principal d'un seul SAR que 0,5-1,0 s tous les 8-10 jours.

2.4 Conclusions

Dans le cas des brouillages WLAN vers SAR, l'analyse permet de formuler trois conclusions principales pour ce qui est de la bande 5 250-5 350 MHz:

– les WLAN utilisés seulement à l'intérieur sont compatibles avec l'exploitation des détecteurs SAR, alors que cette compatibilité n'est pas assurée lorsque les WLAN sont utilisés à l'extérieur;
– des WLAN utilisés à l'intérieur avec une p.i.r.e. moyenne[1] de 200 mW (ou de 100 mW en l'absence de commande de puissance d'émission) et une limite de densité moyenne de p.i.r.e. de 10 mW dans n'importe quelle bande de 1 MHz sont compatibles avec les SAR;
– par ailleurs, pour assurer la compatibilité entre des WLAN et des SAR, deux conditions doivent être respectées;
  – commande de puissance d'émission, donnant un facteur d'atténuation d'au moins 3 dB; en l'absence de commande de puissance d'émission, la p.i.r.e. moyenne ne doit pas dépasser 100 mW dans un canal quelconque de 20 MHz;
  – sélection dynamique de fréquence associée au système de sélection des canaux, afin d'assurer la répartition uniforme de la charge des canaux WLAN sur au moins 330 MHz.

L'analyse des brouillages dans le sens SAR vers WLAN fait apparaître des résultats positifs dans des scénarios « intérieurs ».

3 Observations techniques concernant les RLAN et les SAR

3.1 Caractéristiques techniques des WLAN à haut débit typiques

Les caractéristiques des WLAN à haut débit typiques exploités à 5,3 GHz sont exposées ci-après pour trois configurations. Ces installations sont parfois dénommées LAN radioélectriques ou RLAN. Les caractéristiques retenues dans la présente analyse sont celles que donneraient les brouillages occasionnés à un récepteur SAR dans le cas le plus défavorable. Les données relatives à la première configuration, c'est-à-dire à un RLAN1, sont extraites du rapport de la « Federal Communications Commission » (FCC) et de l'Ordonnance FCC 97-7 du 9 janvier 1997, tandis que les informations relatives aux réseaux HIPERLAN ont été reprises du Document 7C/54 du 18 septembre 1996. Ces caractéristiques sont résumées au Tableau 6. Les données concernant la seconde configuration de RLAN2 à haut débit ont pour source le Space Frequency Coordination Group (SFCG), réunion 18/45, 8-17 septembre 1998. Les réseaux locaux de cette deuxième

[1] La p.i.r.e. moyenne s'entend de la moyenne relevée pendant une salve d'émission au réglage de puissance d'émission maximale.

configuration, c'est-à-dire de type RLAN 2, présentent une puissance d'émission des WLAN à haut débit sensiblement plus importante, un rapport d'utilisation intérieur/extérieur plus élevé (d'où moins d'affaiblissement moyen dû aux bâtiments), une augmentation du rapport actif/passif et des valeurs estimatives de densité de mise en service plus importantes. Les données relatives enfin à la troisième configuration de réseau local radioélectrique à haut débit, c'est-à-dire aux infrastructures de type RLAN3, ont pour source le Space Frequency Coordination Group (SFCG), réunion 19/39, 8-15 septembre 1999 ainsi que le Document 7C/110 intitulé « Sharing Constraints Between Spaceborne Active Sensors (SARs) and Wireless High Speed Local Area Networks in the 5 250-5 350 MHz Band » du 17 février 1999. Ce troisième type de configuration est utilisé exclusivement dans un environnement « intérieur », avec des densités estimatives de mise en service moyennes.

TABLEAU 6

Caractéristiques techniques des WLAN à haut débit à 5,3 GHz

Paramètre	Valeur		
	RLAN1	RLAN2	RLAN3
Puissance maximale rayonnée (W)	0,25	1,00	0,20
Utilisation (%)	99 à l'intérieur/ 1 en extérieur	85 à l'intérieur/ 15 en extérieur	100 à l'intérieur/ 0 en extérieur
Affaiblissement moyen (dB)	17,0	7,8	17,0
Polarisation	Aléatoire	Aléatoire	Aléatoire
Largeur de bande (MHz)	23,6	23,6/canal (14 canaux)	23,6/canal (14 canaux)
Coefficient temporel de brouillage pour les SAR (%)	100	100	100
Fonctionnement opérationnel (rapport actif/passif, (%))	1	5	5
Densité moyenne (émetteurs/km^2)	12	1 200/complexe administratif (89 000/km^2/canal)	1 200/complexe administratif, 250/zone industrielle
Seuil de brouillage (dBW)	–120	–120 ou indéterminé	–100

3.2 Brouillages occasionnés par des WLAN à haut débit à des SAR

Lorsqu'il s'agit d'analyser le potentiel de brouillage dans le sens WLAN à haut débit/récepteurs SAR spatioportés, la première étape consiste à déterminer la puissance du signal rayonnée par un seul émetteur de WLAN à haut débit en direction d'un SAR spatioporté. On peut ensuite calculer la marge de brouillage de source unique en comparant le niveau de brouillage au seuil de brouillage du SAR. L'empreinte du SAR étant connue, la densité admissible d'émetteurs de WLAN à haut débit peut alors être calculée, sur la base d'un coefficient d'activité prudent des émetteurs fonctionnant en un instant T donné.

3.2.1 Brouillages occasionnés par un seul émetteur RLAN situé à l'extérieur

Le Tableau 7 indique les valeurs des brouillages occasionnés par un seul émetteur RLAN de WLAN à haut débit à un équipement SAR2-4 dans la bande 5 250-5 350 MHz. Les systèmes de type SAR1 n'ont pas été pris en compte du fait qu'ils sont conçus pour fonctionner dans la bande 5 150-5 250 MHz. On suppose que les RLAN1, RLAN2, RLAN3 sont dotés d'antennes omnidirectives. Pour ce qui est des SAR4, le Tableau 7 permet de constater que la marge est négative avec les émetteurs de RLAN1, RLAN2 et RLAN3. Pour les SAR3, il apparaît que la marge est positive pour les émetteurs RLAN1 et RLAN3 et négative pour les émetteurs RLAN2. Pour les SAR2, les émetteurs RLAN1, RLAN2 et RLAN3 donnent des marges positives.

TABLEAU 7

Brouillages occasionnés par un émetteur unique de RLAN en extérieur à un SAR

Paramètre	SAR2		SAR3		SAR4	
	Valeur	dB	Valeur	dB	Valeur	dB
Puissance d'émission (W)						
RLAN1	0,25	–6,02	0,25	–6,02	0,25	–6,02
RLAN2	1,00	0,00	1,00	0,00	1,00	0,00
RLAN3	0,20	–6,99	0,20	–6,99	0,20	–6,99
Affaiblissement dans les bâtiments (dB)		0,00		0,00		0,00
Gain d'antenne, émission (dB)		0,00		0,00		0,00
Gain d'antenne, réception (dB)		43,33		44,52		44,52
Affaiblissement de polarisation (dB)		–3,00		–3,00		–3,00
Longueur d'onde (m)	$5,65 \times 10^{-2}$	–24,96	$5,65 \times 10^{-2}$	–24,96	$5,65 \times 10^{-2}$	–24,96
$(4\pi)^{-2}$	$6,33 \times 10^{-3}$	–21,98	$6,33 \times 10^{-3}$	–21,98	$6,33 \times 10^{-3}$	–21,98
Distance (km)	638,51	–116,10	425,67	–112,58	425,67	–112,58
Puissance reçue (dBW)						
RLAN1		–128,74		–124,03		–124,03
RLAN2		–122,72		–118,00		–118,00
RLAN3		–129,71		–124,99		–124,99
Caractéristique de bruit (dB)		4,62		4,62		4,62
$k\,T$	$4,00 \times 10^{-21}$	–203,98	$4,00 \times 10^{-21}$	–203,98	$4,00 \times 10^{-21}$	–203,98
Largeur de bande du récepteur (MHz)	356,50	85,52	356,50	85,52	46,00	76,63
Puissance de bruit (dBW)		–113,84		–113,84		–122,73
Seuil de brouillage du SAR ($I/N = -6$ dB)		–119,84		–119,84		–128,73
Marge (dB)						
RLAN1		8,90		4,19		–4,71
RLAN2		2,88		–1,83		–10,73
RLAN3		9,87		5,16		–3,74

3.2.2 Brouillages occasionnés par des émetteurs RLAN utilisés à l'intérieur de bâtiments

Le Tableau 8 indique les densités de WLAN à haut débit de type RLAN1 acceptables par les SAR2-4 dans la bande 5 250-5 350 MHz. Pour les SAR4, le Tableau 8 montre que la densité admissible de WLAN à haut débit de type RLAN1 est d'environ 118 émetteurs/km^2, car jusqu'à cette valeur, le niveau des brouillages occasionnés aux SAR4 à 40 MHz est acceptable. Sur la base des données relatives à la densité prévue de systèmes HIPERLAN rassemblées dans le Document 7C/54 du 18 septembre 1996, la densité moyenne de réseaux HIPERLAN en Europe a été estimée (à cette époque) à 12 émetteurs/km^2. La densité dans les zones urbaines et les zones fortement peuplées est normalement supérieure à la moyenne. Le Tableau 9 donne les valeurs admissibles de densité de réseaux WLAN à haut débit de type RLAN2 dans la bande 5 250-5 350 MHz en ce qui concerne les équipements de type SAR2-4. Pour les SAR4, on constate que la densité admissible de réseaux WLAN à haut débit de type RLAN2 correspond à environ 0,2 émetteur/km^2, ou encore 1 émetteur/5 km^2, valeur au-dessous de laquelle le niveau de brouillage subi par un SAR4 à 40 MHz est acceptable. La valeur basse de densité admissible est à comparer à la densité estimative indiquée dans le Document SFCG-18/45, 8-17 septembre 1998, c'est-à-dire 1 200 émetteurs/complexe administratif; il faut considérer aussi la capacité RLAN2 dans un environnement intérieur, qui est de 89×10^3/km^2/canal pour des distances de séparation de 0,5 m. La valeur haute de densité estimative repose sur une configuration à 14 canaux de 23,6 MHz chacun sur une bande de 330 MHz. Le Tableau 10 indique les valeurs admissibles de densité de WLAN à haut débit de type RLAN3 en ce qui concerne les SAR2-4 dans la bande 5 250-5 350 MHz. Pour ce qui est des équipements de type SAR4, on constate que la densité admissible de WLAN à grand débit de type RLAN3 est d'environ 37 émetteurs/km^2/canal, valeur au-dessous de laquelle le niveau des brouillages occasionnés à un SAR4 à 40 MHz est acceptable. La valeur estimative haute de la densité de mise en oeuvre repose sur une configuration de 14 canaux de 23,6 MHz chacun sur une bande de 330 MHz. Avec 14 canaux, la densité admissible est donc de 518 émetteurs/km^2, valeur relativement peu élevée à comparer avec la densité estimative indiquée dans le Document 7C/110 c'est-à-dire 1 200 émetteurs/complexe administratif important et 250 émetteurs/site industriel. Ainsi, dans le cas des SAR4, la densité admissible correspondrait aux besoins d'un complexe administratif important et d'environ deux sites industriels, ce qui semble peu réaliste. Pour les détecteurs de type SAR2 et SAR4, la densité admissible sur 14 canaux serait donc respectivement de 4 270 et 3 990 émetteurs, ce qui correspondrait à environ trois complexes administratifs importants et 15 sites industriels, hypothèse de travail somme toute plus raisonnable pour les zones urbaines et suburbaines.

Pour les SAR imageurs présentant un rapport S/N d'au moins 8 dB, le rapport I/N peut être de 0 dB sans dégradation de plus de 10% de l'écart type de puissance par pixel, et ces chiffres permettent donc de multiplier par 4 la densité d'émetteurs admissible. Dans le cas des brouillages occasionnés par un réseau RLAN3 à un SAR2 ou à un SAR4, ces valeurs correspondraient à environ 12 complexes administratifs importants ou 60 sites industriels dans l'empreinte du SAR. Toutefois, pour les SAR d'interférométrie, le rapport I/N, quel que soit le rapport S/N, doit être inférieur à –6 dB.

TABLEAU 8

Brouillages occasionnés par un WLAN à haut débit de type RLAN1 à différents types de SAR

Paramètre	SAR2		SAR3		SAR4	
	Valeur	**dB**	**Valeur**	**dB**	**Valeur**	**dB**
Puissance d'émission (W)	0,25	–6,02	0,25	–6,02	0,25	–6,02
Affaiblissement dans les bâtiments (dB)		–17,00	17,00	–17,00	17,00	–17,00
Gain d'antenne, émission (dB)		0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
Gain d'antenne, réception (dB)		43,33	44,52	44,52	44,52	44,52
Affaiblissement de polarisation (dB)		–3,00	3,00	–3,00	3,00	–3,00
Longueur d'onde (m)	$5,65 \times 10^{-2}$	–24,96	$5,65 \times 10^{-2}$	–24,96	$5,65 \times 10^{-2}$	–24,96
$(4\pi)^{-2}$	$6,33 \times 10^{-3}$	–21,98	$6,33 \times 10^{-3}$	–21,98	$6,33 \times 10^{-3}$	–21,98
Distance (km)	638,51	–116,10	425,67	–112,58	425,67	–112,58
Puissance reçue (dBW)		–145,74		–141,03		–141,03
Caractéristique de bruit (dB)		4,62	4,62	4,62	4,62	4,62
$k\,T$	$4,00 \times 10^{-21}$	–203,98	$4,00 \times 10^{-21}$	–203,98	$4,00 \times 10^{-21}$	–203,98
Largeur de bande du récepteur (MHz)	356,50	85,52	356,50	85,52	46,00	76,63
Puissance de bruit (dBW)		–113,84		–113,84		–122,73
Seuil de brouillage du SAR ($I/N = -6$ dB)		–119,84		–119,84		–128,73
Marge (dB)		25,90		21,19		12,29
Empreinte du SAR (km^2)	159,03	22,01	57,55	17,60	57,55	17,60
Puissance surfacique moyenne caractéristique d'un réseau HIPERLAN (dB(W/km^2))		3,88		3,59		–5,31
Emetteurs actifs/km^2	9,78		9,14		1,18	
Emetteurs actifs/km^2 pour un facteur d'utilisation de 1%	978,40		913,56		117,88	

TABLEAU 9

Brouillages occasionnés par un WLAN à haut débit de type RLAN2 à différents types de SAR

Paramètre	**SAR2**		**SAR3**		**SAR4**	
	Valeur	**dB**	**Valeur**	**dB**	**Valeur**	**dB**
Puissance d'émission (W)	1,00	0,00	1,00	0,00	1,00	0,00
Affaiblissement dans les bâtiments (dB)		–7,80	7,80	–7,80	7,80	–7,80
Gain d'antenne, émission (dB)		0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
Gain d'antenne, réception (dB)		43,33	44,52	44,52	44,52	44,52
Affaiblissement de polarisation (dB)		–3,00	3,00	–3,00	3,00	–3,00
Longueur d'onde (m)	$5,65 \times 10^{-2}$	–24,96	$5,65 \times 10^{-2}$	–24,96	$5,65 \times 10^{-2}$	–24,96
$(4\pi)^{-2}$	$6,33 \times 10^{-3}$	–21,98	$6,33 \times 10^{-3}$	–21,98	$6,33 \times 10^{-3}$	–21,98
Distance (km)	638,51	–116,10	425,67	–112,58	425,67	–112,58
Puissance reçue (dBW)		–130,52		–125,80		–125,80
Caractéristique de bruit (dB)		4,62	4,62	4,62	4,62	4,62
$k\,T$	$4,00 \times 10^{-21}$	–203,98	$4,00 \times 10^{-21}$	–203,98	$4,00 \times 10^{-21}$	–203,98
Largeur de bande du récepteur (MHz)	356,50	85,52	356,50	85,52	46,00	76,63
Puissance de bruit (dBW)		–113,84		–113,84		–122,73
Seuil de brouillage du SAR ($I/N = -6$ dB)		–119,84		–119,84		–128,73
Marge (dB)		10,68		5,97		–2,93
Empreinte du SAR (km^2)	159,03	22,01	57,55	17,60	57,55	17,60
Puissance surfacique moyenne caractéristique d'un réseau HIPERLAN (dB(W/km^2))		–11,34		–11,63		–20,53
Emetteurs actifs/km^2	0,07		0,07		0,01	
Emetteurs actifs/km^2 pour un facteur d'utilisation de 5%	1,47		1,37		0,18	

En ce qui concerne l'autolimitation de la densité en présence de brouillages réciproques inacceptables entre WLAN voisins, on suppose qu'un RLAN3 occupe 14 canaux de chacun 23,6 MHz sur une bande de 330 MHz et que les émetteurs peuvent être très rapprochés les uns des autres (jusqu'à 0,5 m), de sorte que la valeur de densité possible est de 89×10^3/km^2/canal sur de petites superficies correspondant à celle d'un grand complexe administratif par exemple. Au niveau d'un récepteur de LAN, il n'est plus nécessaire que les brouillages soient inférieurs à –100 dBW, mais il faut que le rapport C/I dépasse 20 dB. Ainsi, des émetteurs proches les uns des autres (jusqu'à 0,5 m) peuvent fonctionner en l'absence de brouillages mutuels.

TABLEAU 10

Brouillages occasionnés par un WLAN à haut débit de type RLAN3 à différents types de SAR

Paramètre	SAR2		SAR3		SAR4	
	Valeur	dB	Valeur	dB	Valeur	dB
Puissance d'émission (W)	0,20	–6,99	0,20	–6,99	0,20	–6,99
Affaiblissement dans les bâtiments (dB)		–17,00		–17,00		–17,00
Gain d'antenne, émission(dB)		0,00		0,00		0,00
Gain d'antenne, réception (dB)		43,33		44,52		44,52
Affaiblissement de polarisation(dB)		–3,00		–3,00		–3,00
Longueur d'onde (m)	$5,65 \times 10^{-2}$	–24,96	$5,65 \times 10^{-2}$	–24,96	$5,65 \times 10^{-2}$	–24,96
$(4\pi)^{-2}$	$6,33 \times 10^{-3}$	–21,98	$6,33 \times 10^{-3}$	–21,98	$6,33 \times 10^{-3}$	–21,98
Distance (km)	638,51	–116,10	425,67	–112,58	425,67	–112,58
Puissance reçue (dBW)		–146,71		–141,99		–141,99
Caractéristique de bruit (dB)		4,62		4,62		4,62
$k\,T$	$4,00 \times 10^{-21}$	–203,98	$4,00 \times 10^{-21}$	–203,98	$4,00 \times 10^{-21}$	–203,98
Largeur de bande du récepteur (MHz)	356,50	85,52	356,50	85,52	46,00	76,63
Puissance de bruit (dBW)		–113,84		–113,84		–122,73
Seuil de brouillage du SAR (I/N = –6 dB)		–119,84		–119,84		–128,73
Marge (dB)		26,87		22,16		13,26
Empreinte du SAR (km^2)	159,03	22,01	57,55	17,60	57,55	17,60
Puissance surfacique moyenne caractéristique d'un réseau HIPERLAN (dB(W/km^2))		4,85		4,56		–4,34
Emetteurs actifs/km^2 canal	15,29		14,27		1,84	
Emetteurs actifs/km^2 canal pour un facteur d'utilisation de 5%	305,75		285,49		36,84	

3.3 Brouillages occasionnés par des SAR à des WLAN à haut débit

Lorsqu'il s'agit d'analyser les risques de brouillages dans le sens SAR spatioporté/WLAN à haut débit, il faut tout d'abord déterminer la puissance du signal émis par le SAR et reçu à la surface de la Terre. On calcule ensuite le seuil de brouillage au niveau du récepteur WLAN à haut débit, ce qui permet de calculer la marge contre les brouillages en comparant le niveau de brouillage SAR au seuil de brouillage du LAN. Pour les équipements de type SAR1 à SAR4, le gain maximal d'antenne dépasse de 40 à 50 dB les niveaux moyens relevés dans les lobes latéraux, –5 dBi. En conséquence, pendant la durée du passage, qui dans le faisceau principal du SAR serait

d'environ 0,5-1,0 s, les brouillages occasionnés par un SAR à la surface de la Terre seraient largement supérieurs au seuil de brouillage admissible d'un RLAN1. Toutefois, dans le cas d'un RLAN2, le niveau de −120 dBW n'est plus le niveau maximal de brouillage admissible, la contrainte étant plutôt un rapport *C*/*I* qui doit être supérieur à 20 dB, ce qui, dans le cas d'émetteurs séparés à 0,5 m les uns des autres, permet de relever le niveau de brouillage admissible de 50-80 dB.

Les résultats obtenus avec les RLAN3 sont comparables aux valeurs constatées avec les RLAN2. S'agissant des SAR2-4, les gains d'antenne maximaux dépassent de 14 à 38 dB la valeur moyenne relevée dans les lobes latéraux (−5 dBi). En conséquence, pendant toute la durée du passage, qui, dans le faisceau principal du SAR, serait d'environ 0,5-1,0 s, les brouillages occasionnés par le SAR à la surface de la Terre seraient largement supérieurs aux seuils de brouillage des RLAN3. Toutefois, dans le cas d'un RLAN3, le niveau de −120 dBW n'est plus le niveau de brouillage admissible maximal, il faut plutôt que le rapport *C*/*I* dépasse 20 dB, ce qui, dans le cas d'émetteurs situés à 0,5 m les uns des autres, permet de relever le niveau de brouillage admissible de 50-80 dB. La période de répétition du SAR est de 8-10 jours, mais le détecteur n'est pas nécessairement actif à chaque passage. En conséquence, une zone donnée de la surface de la Terre ne serait pas illuminée par le faisceau du SAR pendant plus de 0,5-1,0 s tous les 8-10 jours.

3.4 Conclusion

Dans la présente Recommandation, on a analysé le risque de brouillage entre une configuration de WLAN à haut débit de type RLAN3 et des radars spatioportés à ouverture synthétique dans la bande 5 250-5 350 MHz dans le cas 1) d'un émetteur unique RLAN1-3 utilisé dans un environnement extérieur; et 2) d'une certaine densité de RLAN3 dans un environnement intérieur. Dans le cas d'un seul émetteur utilisé à l'extérieur, les brouillages occasionnés par un réseau WLAN à haut débit de type RLAN1 dépassaient le niveau pouvant être toléré par un SAR4, les brouillages occasionnés par un WLAN à haut débit de type RLAN2 dépassaient les niveaux tolérables par les SAR3 et les SAR4, et les brouillages occasionnés par un WLAN à haut débit de type RLAN3 dépassaient les niveaux pouvant être acceptés par un SAR4.

En ce qui concerne les brouillages occasionnés par des RLAN1 à des SAR, l'analyse fait apparaître que toute densité de surface inférieure à 32-128 émetteurs/km^2 donnera des niveaux de brouillage acceptables pour les SAR, selon le rapport *S*/*N* par pixel qui caractérise le SAR imageur. Autrefois, la densité moyenne estimative en Europe était de seulement 12 émetteurs/km^2. Avec une densité de 0,32 émetteur actif/km^2 (soit 32 émetteurs actifs/km^2 avec un coefficient d'utilisation de 1%), un WLAN à haut débit type (puissance des émetteurs: 0,25 W) mis en place dans un environnement extérieur présentera des niveaux de brouillage auto-induits de −120 dBW, niveau considéré comme seuil de brouillage pour un réseau de type RLAN1. Pour ce qui est des brouillages occasionnés par un réseau WLAN à haut débit de type RLAN2 à un SAR, l'analyse fait apparaître que seule une densité de surface inférieure à 0,2-1,5 émetteur/km^2 produit des niveaux de brouillage acceptables par un SAR, selon le rapport *S*/*N* par pixel du SAR imageur considéré. La densité moyenne actuellement prise pour hypothèse est de 1 200 émetteurs par complexe administratif, c'est-à-dire jusqu'à 89×10^3/km^2/canal. La densité estimative haute suppose 14 canaux de 23,6 MHz chacun sur une bande de 330 MHz. Dans une configuration intérieure, et compte tenu des brouillages occasionnés par un système WLAN à haut débit de type RLAN3 à un SAR type, l'analyse montre que toute densité de surface inférieure à 37-305 émetteurs/km^2/canal produira des niveaux de brouillage acceptables par un SAR, selon le rapport *S*/*N* par pixel de l'équipement imageur. La densité moyenne supposée est de 1 200 émetteurs par complexe administratif important et de 250 émetteurs par zone industrielle. La valeur haute de densité estimative est établie sur la base de 14 canaux de 23,6 MHz chacun sur une bande de 330 MHz. Dans le cas des brouillages occasionnés

par une configuration RLAN3 sur SAR, l'analyse montre que seule une densité de surface inférieure à 518 à 4 270 émetteurs/km^2 sur 14 canaux permettra de maintenir les niveaux de brouillage à des niveaux acceptables pour un SAR. Pour des brouillages RLAN3 sur SAR2/SAR4, cette valeur correspondrait à environ 3 à 12 complexes administratifs importants ou 15 à 60 zones industrielles dans l'empreinte du radar SAR, selon son rapport S/N par pixel.

S'agissant des brouillages occasionnés par des SAR spatioportés à des WLAN à haut débit de type RLAN1 dans la bande 5 250-5 350 MHz, les niveaux de brouillage occasionnés à la surface de la Terre par les lobes latéraux des antennes SAR sont inférieurs de 14 à 38 dB au seuil de brouillage tolérable du LAN. Si l'on considère les brouillages occasionnés à la valeur de gain maximale de l'antenne d'un SAR pendant la durée d'un passage, qui, en ce qui concerne le faisceau principal du SAR, aurait une durée d'environ 0,5-1,0 s, les niveaux de brouillage occasionnés par le SAR à la surface de la Terre seraient largement supérieurs aux seuils de brouillage tolérables d'un RLAN1 (de 10 à 30 dB). Toutefois, pour les RLAN2 et RLAN3, les niveaux, respectivement de –120 dBW et −100 dBW, ne sont plus les niveaux de brouillage admissibles maximums: il faut plutôt que le rapport C/I soit supérieur à 20 dB, ce qui, dans le cas d'émetteurs situés à 0,5 m les uns des autres, peut relever le niveau de brouillage admissible de 50-80 dB, si bien qu'il est possible que le SAR, même dans le faisceau principal, soit au-dessous du seuil de brouillage du LAN. Du fait que la période de répétition du SAR est de 8-10 jours, et que le radar n'est pas nécessairement actif à chaque passage, une zone donnée de la surface de la Terre ne serait illuminée par le faisceau du SAR qu'au maximum 0,5-1,0 s tous les 8-10 jours.

4 RLAN et altimètres

4.1 Brouillages occasionnés par les RLAN aux altimètres

Dans cette analyse, nous considérons un réseau RLAN de type HIPERLAN dans le faisceau principal de l'altimètre.

L'altimètre présente une largeur de bande étendue de 320 MHz, tandis que la largeur de bande des canaux HIPERLAN est comprise entre 16 MHz (type 2) et 23,5 MHz (type 1). La p.i.r.e. maximale rayonnée par un HIPERLAN (P_hG_h) est de 30 dBm (type 1) ou 23 dBm (type 2). Le gain d'antenne de l'altimètre, G_0, est de 32,2 dB, et G_a est le gain d'antenne hors axe en direction de l'HIPERLAN, avec un affaiblissement d'entrée L additionnel de 1 dB. L'altimètre, qui pointe au nadir, est doté d'une antenne de 1,2 m de diamètre. R est la distance entre l'altimètre et le réseau HIPERLAN.

La puissance rayonnée par un réseau HIPERLAN dans l'axe de visée du SAR et reçue par l'altimètre ($G_a = G_0$) est donnée par:

$$P_r = \frac{P_h G_h G_a \lambda^2}{(4\pi)^2 R^2 L} \tag{1}$$

Avec les caractéristiques relativement critiques d'un système HIPERLAN de type 1 (§ 2.2), nous obtenons $P_r = –108,3$ dBm.

Le seuil de brouillage de l'altimètre étant de –88 dBm, on peut dire que l'altimètre peut supporter l'exploitation simultanée d'un certain nombre de réseaux HIPERLAN, puisque la marge disponible est de 20,3 dB. Par ailleurs, l'altimètre, par conception, est destiné à être utilisé pour des mesures essentiellement au-dessus des masses océaniques et ne peut donner des données précises lorsqu'une masse terrestre importante se trouve dans le champ de son antenne. Notre analyse montre donc que l'altimètre ne sera pas affecté par le fonctionnement des réseaux HIPERLAN.

Si l'on veut que l'analyse soit complète, on peut calculer le nombre de réseaux HIPERLAN pouvant être tolérés dans l'empreinte à –3 dB d'un altimètre exploité au-dessus de la Terre, avec la méthode décrite au § 4.1.1 de la présente Recommandation.

Les calculs donnent un nombre total compris entre 586 (en extérieur) et 4 664 (à l'intérieur de bâtiments) réseaux HIPERLAN en limite de brouillage, et il faut ajouter que l'on dispose en fait de marges additionnelles, pour les raisons suivantes:

– aucun affaiblissement de polarisation ou de propagation additionnel n'a été pris en compte (environ 3 dB);

– les techniques d'atténuation des brouillages (par exemple, commande de puissance de l'émetteur) n'ont pas été prises en compte non plus (et l'on peut escompter ici au moins 3 dB de marge supplémentaire);

– enfin, le gain de l'altimètre en direction du réseau HIPERLAN a été surestimé dans la simulation.

De surcroît, on peut dire qu'en général seulement des systèmes HIPERLAN classe 2 sont en service dans la gamme de fréquences utilisée par les altimètres, d'où une amélioration de la situation puisque la p.i.r.e. maximale est alors peu élevée (200 mW).

En conclusion, on peut donc dire qu'un altimètre utilisé au-dessus des océans ne sera pas affecté par les brouillages occasionnés par des réseaux HIPERLAN. Toutefois, dans le cas d'un altimètre utilisé au-dessus des masses terrestres, la situation peut être marginale, selon le choix définitif des caractéristiques retenues pour le réseau HIPERLAN. La marge prévisible peut autoriser un partage même lorsque les altimètres sont utilisés à proximité de zones terrestres. Un fonctionnement à l'intérieur seulement et avec des réseaux HIPERLAN de type 2 seulement rendrait le partage beaucoup plus facile.

4.1.1 Estimation du nombre de réseaux RLAN dans l'empreinte à –3 dB d'un altimètre

Dans cette analyse, nous considérons un réseau HIPERLAN de type 1 dans le lobe principal de l'altimètre.

L'altimètre présente une largeur de bande étendue de 320 MHz, et la largeur de bande du réseau HIPERLAN, soit 23,5 MHz, est comprise dans la largeur de bande de l'altimètre. La valeur maximale de la p.i.r.e. rayonnée par le réseau HIPERLAN ($P_h G_h$) est de 30 dBm. Le gain d'antenne de l'altimètre, G_0, est de 32,2 dB, et G_a est le gain d'antenne hors axe en direction de l'HIPERLAN, avec un affaiblissement d'entrée additionnel L de 1 dB. L'altimètre pointe au nadir et son antenne présente un diamètre de 1,2 m. R est la distance de l'altimètre par rapport au réseau HIPERLAN.

La puissance rayonnée dans l'axe de visée du SAR par un réseau HIPERLAN et reçue par l'altimètre ($G_a = G_0$) s'écrit:

$$P_r = \frac{P_h G_h G_a \lambda^2}{(4\pi)^2 R^2 L} \qquad (2)$$

Nous obtenons alors la valeur de $P_r = -108{,}3$ dBm.

Le seuil de brouillage de l'altimètre est de –88 dBm; on peut donc en déduire que l'altimètre peut supporter le fonctionnement simultané d'un certain nombre de réseaux HIPERLAN, puisque l'on dispose d'une marge de 20,3 dB. Par ailleurs, l'altimètre est prévu pour fonctionner essentiellement au-dessus des océans et ne peut donner des données précises lorsqu'une masse terrestre importante se trouve dans le faisceau de son antenne. L'analyse montre donc que l'altimètre ne sera pas affecté par le fonctionnement des réseaux HIPERLAN.

Pour procéder à une analyse complète, on peut calculer le nombre de réseaux HIPERLAN pouvant être tolérés dans l'empreinte à –3 dB d'un altimètre exploité au-dessus des terres; le calcul n'est pas immédiat puisque les moindres variations de l'angle φ par rapport à l'axe de visée d'altimètre modifient la distance par rapport au sol, le gain et la zone touchée à la surface de la Terre.

La densité de réseaux HIPERLAN, par exemple D, étant connue, le nombre total de réseaux HIPERLAN vus par un satellite (on suppose que ces réseaux sont également répartis sur la surface de la Terre) est donné par $N = D \times A$, A étant l'empreinte de l'altimètre à –3 dB. Comme les réseaux ne sont pas équidistants par rapport au satellite, la zone visible de la surface de la Terre est divisée en bandes concentriques (voir la Fig. 1), de sorte que l'on peut supposer que tous les réseaux HIPERLAN d'une bande i donnée sont équidistants par rapport au satellite (distance d_i) et sont vus selon le même nadir, φ_i, et le même angle d'élévation, ε_i. Le nombre de réseaux HIPERLAN dans la bande i est donné par:

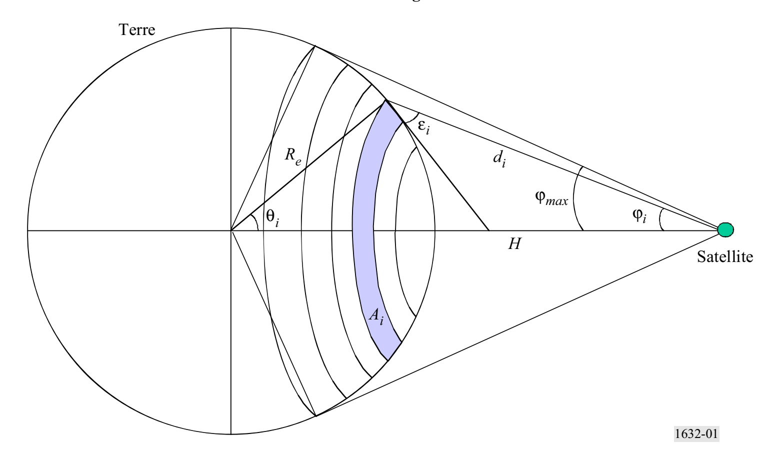
$$N_i = A_i \times (N/A) = A_i \times D \tag{3}$$

avec:

$$A_i = 2\pi\, R_e^2 \times [\cos(\theta_{i-1}) - \cos(\theta_i)] \qquad \text{pour } \theta_i > \theta_{i-1} \tag{4}$$

FIGURE 1

Géométrie des brouillages cumulatifs



La puissance totale du signal brouilleur produit par le système HIPERLAN, I, au niveau de l'altimètre est donc obtenue par sommation de la $i^{ème}$ composante I_i:

$$I(\mathrm{W}) = \sum_i I_i = \sum_i N_i \cdot \frac{1\mathrm{e}\,(p.i.r.e./10)}{(4\,\pi\, d_i\, f_0 / c)^2} \cdot G(\varphi_i) \qquad (5)$$

avec:

- p.i.r.e.: puissance isotrope rayonnée équivalente (dBW)
- d_i: distance entre le satellite et le signal brouilleur à la surface de la Terre
- f_0: fréquence radioélectrique centrale
- $G(\varphi_i)$: gain à la réception de l'antenne de l'altimètre placé à bord du satellite, qui dépend de l'angle au nadir φ_i, c'est-à-dire de l'angle entre le point subsatellite et la bande considérée.

Le calcul numérique a été effectué sur la base des hypothèses suivantes: densité de puissance HIPERLAN constante au sol (par m^2), gain d'antenne de l'altimètre variable, $G_a = G_0\ (\sin(\varphi)/\varphi)^2$, φ étant l'angle entre la verticale et l'axe du satellite/HIPERLAN, ce qui correspond au cas le plus défavorable puisque le lobe du faisceau de l'altimètre est beaucoup plus bas dans la pratique.

On a ensuite calculé l'intégrale de la puissance reçue au niveau de l'altimètre dans l'empreinte à –3 dB: la puissance moyenne pouvant être tolérée par l'altimètre est alors de –60 dBm/m^2, soit 0 dBm/km^2 ($D \times p.i.r.e.$).

Comme les altimètres pointent vers le nadir, on a pris en compte un affaiblissement additionnel sur le trajet de 20 dB (affaiblissement dû aux toits et aux plafonds) dans le calcul des brouillages occasionnés par des réseaux HIPERLAN situés à l'intérieur de bâtiments. Dans le cas de réseaux HIPERLAN limités à un fonctionnement à l'intérieur de bâtiments, on suppose qu'en un instant quelconque 1% des équipements HIPERLAN sont actifs dans un environnement extérieur – d'où un facteur d'affaiblissement additionnel de 17 dB. Pour ce qui est des réseaux HIPERLAN que l'on est autorisé à exploiter dans un environnement extérieur, on suppose que 15% des équipements sont à l'extérieur à un moment donné – ce qui donne un facteur d'affaiblissement additionnel de 8 dB. Dans l'un et l'autre cas, on suppose que 5% des réseaux HIPERLAN émettent simultanément.

TABLEAU 11

Calcul du nombre de terminaux dans l'empreinte à –3 dB

	Intérieur	**Extérieur**
Densité de puissance ($D \times p.i.r.e.$) (dBm/km^2)	0	0
p.i.r.e. (dBm)	30	30
Réseaux HIPERLAN exploités à l'extérieur (%)	1	15
Marge additionnelle (dB)	17	8
Nombre de terminaux actifs/km^2	0,05	0,063
Terminaux actifs (%)	5	5
Nombre de terminaux/km^2	1,002	0,126
Nombre de terminaux dans l'empreinte à –3 dB	4 664	586

Le nombre de réseaux HIPERLAN installés dans l'empreinte à −3 dB est donc limité à une valeur comprise entre 586 (extérieur) et 4 664 (intérieur).

4.2 Brouillages occasionnés par les altimètres aux réseaux RLAN

Dans ce cas, on tient compte d'un facteur de réduction de la largeur de bande B_h/B_a, puisque la largeur de bande de l'altimètre B_a est beaucoup plus importante que la largeur de bande d'un système HIPERLAN, B_h. B_a se chiffre à 320 MHz, tandis que B_h est de 23,5 MHz (type 1, cas le plus défavorable) ou 16 MHz (type 2), de sorte que le facteur de réduction est de 11,34 dB pour les systèmes de type 1 et de 13 dB pour les systèmes de type 2. Le gain d'antenne G_h du système HIPERLAN dans l'axe vertical est de 0 dB.

La puissance rayonnée par l'altimètre et reçue par un réseau HIPERLAN s'écrit:

$$P_r = \frac{P_a G_a G_h \lambda^2 B_h}{(4\pi)^2 R^2 L B_a} \tag{6}$$

La puissance rayonnée par l'altimètre en direction des réseaux HIPERLAN, dans le cas le plus défavorable (faisceau principal de l'altimètre, distance minimale 1 347 km, réseau HIPERLAN de type 1 utilisé en environnement extérieur) sera donc de −103,64 dBm.

Ce cas (faisceau principal de l'altimètre dans les lobes latéraux du système HIPERLAN et à la verticale) doit être considéré comme le cas le plus défavorable, puisque les lobes du faisceau de l'altimètre présentent un affaiblissement très rapide en fonction de l'angle de visée (−20 dB à 4° du nadir, −40 dB à 15° du nadir).

Le calcul donne une marge de 10 dB pour les cas les plus critiques (type 1); on peut donc en conclure que l'altimètre n'occasionnera aucun brouillage aux réseaux HIPERLAN. La situation est encore plus favorable dans le cas d'un HIPERLAN de type 2 utilisé à l'intérieur de bâtiments. Par ailleurs, l'altimètre est un radar à impulsions, et ses caractéristiques particulières – facteur d'utilisation peu important, affaiblissement de polarisation et affaiblissement de propagation – qui permettent de disposer de marges additionnelles, n'ont pas été prises en compte.

4.3 Conclusion

L'analyse permet de conclure qu'un altimètre radar occupant une largeur de bande de 320 MHz au voisinage de 5,3 GHz est compatible avec les réseaux locaux RLAN. On obtient de meilleures marges avec des HIPERLAN de type 2, qui sont d'ailleurs les plus généralement utilisés dans la bande de service des altimètres. Le partage entre les RLAN et les altimètres sera sans doute également envisageable dans la bande au-dessus de 5 460 MHz.

5 RLAN et diffusiomètres

A l'heure actuelle, les diffusiomètres sont le plus souvent utilisés pour des applications au-dessus des masses terrestres, et, dans un proche avenir, compte tenu de la résolution constamment améliorée de ces instruments, leurs applications vont sans doute se multiplier. L'analyse de brouillage n'est donc pas limitée aux régions côtières, et l'on peut considérer que sa portée est globale.

5.1 Brouillages occasionnés par des RLAN à des diffusiomètres

Avec un diffusiomètre, on estime la puissance du signal renvoyé en écho en mesurant tout d'abord la composante « signal + bruit » (c'est-à-dire le signal renvoyé plus la contribution de bruit du système) pour en retirer ensuite la composante « bruit seulement » (estimation du « bruit de fond » caractéristique du seul système). Pour optimiser le fonctionnement du système, ces deux mesures sont effectuées sur plusieurs largeurs de bande et/ou en des instants différents – on tire parti du fait que le bruit nominal du système est par nature blanc pendant la séquence de mesure (c'est-à-dire stationnaire, avec une répartition en puissance spectrale plate).

Dans ces conditions, on peut envisager deux scénarios de brouillage différents, tout d'abord une situation dans laquelle le brouillage est constamment présent pendant les mesures, c'est-à-dire sous forme de bruit blanc en onde entretenue, et en second lieu une situation dans laquelle le brouillage n'est présent que pendant l'une des deux mesures, en raison du déplacement du satellite (déplacement de l'empreinte de l'une des antennes à faisceau plat) ou d'une discontinuité du signal brouilleur. La configuration peut également dépendre des techniques de mesure utilisées avec les diffusiomètres considérés.

Pour les diffusiomètres, le critère minimum de fonctionnement est une vitesse de vent de 3 m/s. C'est avec une telle valeur de vitesse de vent que les signaux rétrodiffusés sont les plus faibles, et que le système est donc le plus sensible au bruit ou au brouillage. L'erreur estimative qui résulte de ce second scénario de brouillage peut être décrite avec une valeur paramétrique α typique des antennes à faisceau plat ($\alpha = 0{,}7$ dB) indiquée par exemple dans la Recommandation UIT-R RS.1166.

$$\alpha(\text{dB}) = 10 \log\{[N + (I_{s+n}/B_{s+n})] / [N + (I_n/B_n)]\} \qquad (7)$$

avec:

N: densité de puissance nominale de bruit de fond (environ –201 dB(W/Hz) à l'entrée du récepteur du diffusiomètre pour les antennes à faisceau plat)

B_{s+n}: largeur de bande de mesure de la composante « signal + bruit »

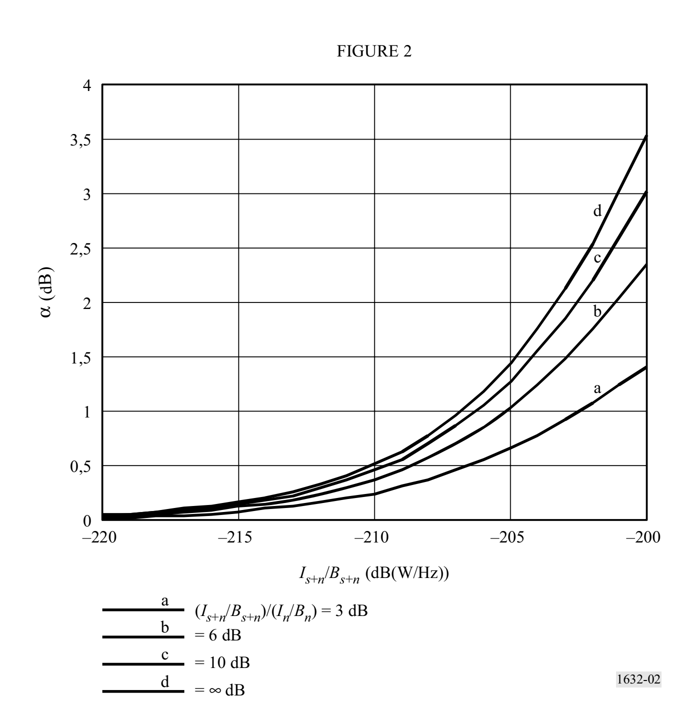
B_n: largeur de bande de mesure de la composante « bruit seulement »

I_{s+n}: puissance moyenne du signal brouilleur dans B_{s+n} pendant la période de mesure de la composante « signal + bruit »

I_n: puissance moyenne du signal brouilleur dans B_s pendant la période de mesure de la composante « bruit seulement »

La Fig. 2 est une représentation graphique de la fonction de l'équation (1) dans le cas d'un diffusiomètre dont le bruit de fond du récepteur est de $N = -201$ dB(W/Hz). Le graphe représente α en fonction de la densité spectrale de puissance du signal brouilleur I_{s+n}/B_{s+n}. En raison de l'étroitesse de la largeur de bande du faisceau plat, il faut s'attendre à des variations de l'ordre de plusieurs dB des niveaux de brouillage reçus au fur et à mesure que les lobes latéraux du diffusiomètre passent dans le faisceau d'un émetteur. Dans la pratique, on retient une valeur de 6 dB pour la variation maximale estimative de $10 \log [(I_{s+n}/B_{s+n})/(I_n/B_n)]$ pendant la période de mesure. A partir de la Fig. 2, on peut donc conclure que la densité spectrale de puissance brouilleuse maximale pouvant être tolérée par l'un quelconque des faisceaux plats d'antenne du diffusiomètre sans dégradation de la précision de mesure est de –207 dB(W/Hz).

FIGURE 2



Dans le cas d'un brouillage en onde entretenue assimilable à du bruit blanc, la densité de puissance spectrale brouilleuse maximale acceptable serait d'environ –195 dB(W/Hz) à l'entrée du récepteur.

Le réseau local RLAN utilisé dans cette analyse de partage était conforme à la norme HIPERLAN type 2 (voir les paramètres au § 2.2). La composante de brouillage maximal acceptable à l'entrée du récepteur du diffusiomètre est de –207 dB(W/Hz). Pour le diffusiomètre 1, l'étude supposait un gain d'antenne de 31 dBi à 650 km, ce qui correspond à un affaiblissement en espace libre de 167,3 dB.

La puissance reçue par le diffusiomètre et rayonnée par un réseau HIPERLAN peut s'écrire:

$$(P_r)\text{dB} = (P_h)\text{dB} - LFS + (G_s)\text{dB} - 3 \tag{8}$$

On obtient ici une valeur de P_r de –149,3 dB sur une largeur de bande de 16 MHz, ce qui correspond à –221,3 dB(W/Hz), si bien que la marge est de 14,3 dB. On peut en conclure que le brouillage occasionné par un HIPERLAN/2 à un récepteur de diffusiomètre n'est pas à considérer comme préjudiciable. Par ailleurs, le Tableau 12 fait apparaître que les diffusiomètres sont compatibles avec de fortes densités de RLAN, en particulier lorsque les RLAN sont utilisés à l'intérieur de bâtiments.

TABLEAU 12

Capacité active HIPERLAN/2 pouvant être exploitée en partage avec un diffusiomètre de type 1

Type de configuration	Extérieur seulement	Intérieur seulement	Mixte (15% extérieur)
Puissance à l'émission (dBW)	–10	–10	–10
Affaiblissement en espace libre (dB)	–167,3	–167,3	–167,3
Gain d'antenne de réception (dBi)	31	31	31
Affaiblissement de polarisation (dB)	–3	–3	–3
Affaiblissement additionnel sur le trajet (dB)	0	–17	–7,8
Puissance reçue (dB(W/canal))	–149,3	–166,3	–157,1
Puissance reçue (dB(W/Hz))	–221,3	–238,3	–229,1
Seuil de brouillage du diffusiomètre	–207	–207	–207
Marge (dB/Hz)	14,3	31,3	22,1
Rapport actif/passif (5%)	13	13	13
Total RLAN actifs + passifs admissible/km^2 (dB)	27,3	44,3	35,1

5.2 Brouillages occasionnés par un diffusiomètre à un RLAN

Dans ce cas, on considère les brouillages occasionnés par un diffusiomètre de type 1 à un réseau local HIPERLAN de type 2. Du fait que ce type de réseau local dispose d'une fonction de sélection dynamique de fréquence et que la largeur de bande du diffusiomètre est relativement peu importante, nous ne considérerons ici que les brouillages causés par l'un des lobes latéraux du diffusiomètre à un HIPERLAN. La puissance maximale du diffusiomètre est de 4,8 kW et l'on a de nouveau utilisé pour cette analyse une valeur de lobe latéral de 26 dBi.

La puissance reçue au niveau d'un réseau HIPERLAN et émanant d'un diffusiomètre de type 1 est d'environ –106,5 dB, valeur supérieure au seuil de brouillage du réseau HIPERLAN ou de ce que l'on appelle la sensibilité minimale utile du récepteur, soit –115 dB. Les autres affaiblissements à l'entrée ou affaiblissements de polarisation n'ont pas été pris en compte dans l'analyse, mais ces éléments ne modifieront guère le résultat (quelques dB). Au cours du passage du diffusiomètre, le RLAN est en vue de l'un de ses lobes latéraux d'antenne pendant plusieurs secondes. Comme ce type de diffusiomètre est doté de plusieurs antennes à faisceau plat, la durée totale de brouillage, pendant le passage du satellite, peut même atteindre environ 20 s. Nous l'avons déjà dit, les réseaux HIPERLAN de type 2 sont dotés d'une fonction de sélection dynamique de fréquence, qui permet de passer à un autre canal avant l'émission proprement dite des données, et cette fonction est considérée comme très utile pour réduire les problèmes de brouillage.

Une méthode plus adéquate de détermination du niveau maximum admissible de brouillage consisterait à tenir compte du rapport C/I, qui doit être supérieur à 15 dB. Parce que les émetteurs sont situés à 50 m les uns des autres (scénario le plus défavorable), le niveau de brouillage admissible peut être relevé de 10 dB (−105 au lieu de −115 dBW). Dans le cas du diffusiomètre de type 1, l'analyse donne une marge positive de 1,5 dB pour des équipements utilisés en extérieur. Avec des RLAN utilisés à l'intérieur de bâtiments, la marge serait plus favorable (18,5 dB).

TABLEAU 13

Brouillages occasionnés par un diffusiomètre de type 1 à un WLAN à haut débit

Paramètre	Valeur	dB
Puissance du signal émis (W)	4 800,00	36,81
Affaiblissement sur le trajet de transmission (dB)	0,00	0,00
Gain d'antenne d'émission (dB)	26,00	26,00
Gain d'antenne de réception (dB)	0,00	0,00
Longueur d'onde (m)	$5{,}65 \times 10^{-2}$	–24,96
$(4\pi)^{-2}$	$6{,}33 \times 10^{-3}$	–21,98
Distance (km)	1 314,03	–122,37
Réduction de la largeur de bande (dB)	0,00	0,00
Puissance reçue (dBW)		–106,50
Seuil de brouillage d'un réseau local HIPERLAN		–115,00
Marge (dB) (extérieur)		–8,50
Affaiblissement dans les bâtiments (dB)		17
Marge (dB) (intérieur)		8,50

5.3 Conclusion

En conclusion, il apparaît que le fonctionnement d'un diffusiomètre au voisinage de 5,3 GHz est compatible avec celui de réseaux RLAN dans une même bande. Les diffusiomètres ne devraient pas subir de brouillages importants occasionnés par des RLAN. En ce qui concerne les brouillages occasionnés par les diffusiomètres aux RLAN, l'étude fait apparaître que le partage est possible lorsque les RLAN sont utilisés à l'intérieur de bâtiments. Il faut noter que certains RLAN dotés de caractéristiques permettant de les classer dans la catégorie des HIPERLAN type 2 seront équipés d'une fonction de sélection dynamique de fréquence, et que la probabilité de brouillage de ces systèmes dans un environnement extérieur par les émissions de diffusiomètres est moins élevée.

6 Conclusions générales sur la compatibilité

L'analyse de partage qui fait l'objet de la présente Recommandation entre détecteurs actifs spatioportés exploités dans la bande 5 250-5 350 MHz et WLAN à haut débit, dont l'exploitation est envisagée dans la même bande, fait apparaître d'une manière générale que ces deux services sont compatibles compte tenu de certaines caractéristiques au niveau des RLAN:

– utilisation à l'intérieur de bâtiments (ce qui donne un affaiblissement de 17 dB par rapport à des systèmes utilisés dans un environnement extérieur);

– limite de p.i.r.e. moyenne[2] de 200 mW (ou 100 mW s'il n'y a pas de commande de puissance d'émission) et une limite de densité moyenne de p.i.r.e. de 10 mW dans n'importe quelle bande de 1 MHz;

– fonction de commande de puissance d'émission permettant d'obtenir une réduction d'au moins 3 dB;

– fonction de sélection aléatoire des canaux, par exemple fonction de sélection dynamique de fréquence au niveau du système de sélection des canaux, pour obtenir une répartition uniforme de la charge des canaux du WLAN sur l'ensemble de la largeur de bande disponible autour de 5 GHz (dans l'étude, la valeur retenue pour hypothèse était de 330 MHz au total, soit une densité de 440 émetteurs sur un canal de 20 MHz dans l'empreinte du SAR).

____

[2] La p.i.r.e. moyenne s'entend de la moyenne relevée pendant une salve d'émission au réglage de puissance d'émission maximale.

RECOMMANDATION UIT-R M.1638

Caractéristiques et critères de protection applicables aux études de partage des radars de radiolocalisation, de radionavigation aéronautique et de météorologie fonctionnant dans les bandes de fréquences comprises entre 5 250 et 5 850 MHz

(2003)

Résumé

Cette Recommandation spécifie les caractéristiques techniques et opérationnelles ainsi que les critères de protection des radars fonctionnant dans la bande de fréquences 5 250-5 850 MHz. Ces caractéristiques sont censées être utilisées dans l'évaluation de la compatibilité de ces systèmes avec d'autres services.

L'Assemblée des radiocommunications de l'UIT,

considérant

a) que les caractéristiques d'antenne, de propagation du signal, de détection des cibles et de grande largeur de bande nécessaire propres aux radars pour remplir leur fonction sont optimales dans certaines bandes de fréquences;

b) que les caractéristiques techniques des radars de radiolocalisation, de radionavigation aéronautique et de météorologie sont déterminées par les objectifs du système et varient grandement, même à l'intérieur d'une bande;

c) que le service de radionavigation est un service de sécurité au sens du numéro 4.10 du Règlement des radiocommunications (RR) qui doit bénéficier de mesures de protection spéciales contre les brouillages préjudiciables;

d) qu'une partie considérable du spectre attribué aux services de radiolocalisation et de radionavigation (s'élevant à environ 1 GHz) a été retirée à ces services ou reléguée à un statut inférieur depuis la CAMR-79;

e) que certains groupes techniques de l'UIT-R envisagent la possibilité d'introduire de nouveaux types de systèmes (par exemple, systèmes d'accès hertzien fixe ou systèmes fixes ou mobiles à haute densité) ou de services dans des bandes entre 420 MHz et 34 GHz utilisées par des radars de radionavigation, de radiolocalisation et de météorologie;

f) que des caractéristiques techniques et d'exploitation représentatives des radars de radiolocalisation, de radionavigation et de météorologie sont nécessaires pour déterminer la possibilité d'introduire de nouveaux types de systèmes dans les bandes de fréquences dans lesquelles ces radars sont utilisés;

g) que des procédures et des méthodologies permettant d'analyser la compatibilité des radars avec des systèmes d'autres services sont exposées dans la Recommandation UIT-R M.1461;

h) que les radars de radiolocalisation, de radionavigation et de météorologie fonctionnent dans les bandes comprises entre 5 250 et 5 850 MHz;

j) que les radars au sol utilisés pour la météorologie sont autorisés à fonctionner dans la bande 5 600-5 650 MHz à égalité de droits avec des stations du service de radionavigation aéronautique (SRNA) (voir le numéro 5.452 du RR),

recommande

1 de considérer que les caractéristiques techniques et opérationnelles des radars de radiolocalisation, de radionavigation et de météorologie présentées dans l'Annexe 1 sont représentatives des systèmes fonctionnant dans les bandes de fréquences comprises entre 5 250 et 5 850 MHz (voir la Note 1);

2 d'utiliser la Recommandation UIT-R M.1461 comme ligne directrice pour analyser la compatibilité entre les radars de radiolocalisation, de radionavigation et de météorologie et des systèmes d'autres services; d'utiliser comme niveau déclencheur de protection nécessaire dans le cadre des études de partage entre le radiorepérage et les autres services, la valeur de −6 dB pour le rapport de la puissance du signal brouilleur à la puissance de bruit du récepteur radar, I/N. Ce critère de protection correspond au niveau de protection net lorsque de nombreux brouilleurs sont présents.

NOTE 1 – Il convient d'utiliser la Recommandation UIT-R M.1313 pour ce qui concerne les caractéristiques des radars de radionavigation maritime fonctionnant dans la bande de fréquences 5 470-5 650 MHz.

Annexe 1

Caractéristiques des radars de radiolocalisation, de radionavigation aéronautique et de météorologie

1 Introduction

Les bandes de fréquences comprises entre 5 250 et 5 850 MHz sont attribuées au SRNA et au service de radiolocalisation à titre primaire, comme indiqué dans le Tableau 1. Les radars au sol utilisés pour la météorologie sont autorisés à fonctionner dans la bande 5 600-5 650 MHz à égalité de droits avec des stations du service de radionavigation maritime (voir le numéro 5.452 du RR).

TABLEAU 1

Bande (MHz)	Attribution
5 250-5 255	Radiolocalisation
5 255-5 350	Radiolocalisation
5 350-5 460	Radionavigation aéronautique
5 460-5 470	Radionavigation
5 470-5 650	Radionavigation maritime(1)
5 650-5 725	Radiolocalisation
5 725-5 850	Radiolocalisation

(1) En vertu du numéro 5.452 du RR, les radars au sol utilisés pour des besoins de météorologie sont autorisés à fonctionner dans la bande 5 600-5 650 MHz à égalité de droits avec les stations du service de radionavigation maritime.

Les radars de radiolocalisation ont diverses fonctions telles que:

– la poursuite de lanceurs spatiaux et de véhicules aéronautiques subissant des essais de développement et de fonctionnement;

– la surveillance maritime et aérienne;

– les mesures environnementales (par exemple l'étude des cycles océaniques et les phénomènes météorologiques tels que les cyclones);

– l'imagerie de la Terre; et

– la défense nationale et le maintien de la paix internationale.

Les radars de radionavigation aéronautique sont surtout utilisés pour détecter des perturbations atmosphériques et des cisaillements du vent au moyen d'équipements aéroportés et ont donc une fonction de sécurité (voir le numéro 4.10 du RR).

Les radars de météorologie sont utilisés pour détecter des phénomènes atmosphériques violents tels que les cyclones, les ouragans et les orages violents. Ils fournissent également des mesures quantitatives des précipitations par zones qui sont très importantes pour les prévisions hydrologiques relatives aux risques d'inondation. Ces services, dont les informations sont utilisées pour mettre les populations en garde, sont donc des services de sauvegarde de la vie humaine.

La Recommandation UIT-R M.1313 contient les caractéristiques des radars de radionavigation maritime fonctionnant dans la bande de fréquences 5 470-5 650 MHz.

2 Caractéristiques techniques

Les bandes comprises entre 5 250 et 5 850 MHz sont utilisées par de nombreux types de radar différents sur des plates-formes terrestres fixes, maritimes, aéroportées ou transportables. Les Tableaux 2 et 3 contiennent les caractéristiques techniques de systèmes représentatifs utilisés dans ces bandes. Ces informations sont généralement suffisantes pour les calculs d'évaluation de la compatibilité entre ces radars et d'autres systèmes.

Toutefois, ces Tableaux ne contiennent pas les caractéristiques des radars à sauts de fréquence qui fonctionnent dans cette gamme de fréquences. La technique des sauts de fréquence est l'une des contre-mesures électroniques (CCME) les plus couramment utilisées. Les systèmes radar conçus pour fonctionner dans des conditions hostiles d'attaques électroniques utilisent les sauts de fréquence comme technique CCME. Ce type de radar divise généralement en canaux la bande de fréquences qui lui est attribuée et sélectionne alors de manière aléatoire un canal parmi tous les canaux disponibles pour la transmission. Cette occupation aléatoire d'un canal peut s'effectuer sur la base de la position de chaque faisceau, auquel cas de nombreuses impulsions sont transmises sur le même canal, ou sur la base de chaque impulsion. Il convient de prendre en considération cet aspect important des systèmes radar et de tenir compte, dans les études de partage, des conséquences que pourraient avoir les radars à sauts de fréquence.

TABLEAU 2

Caractéristiques des systèmes radar de radionavigation aéronautique et de météorologie

Caractéristiques	Radar A	Radar B	Radar C	Radar D	Radar E	Radar F	Radar G	Radar H	Radar I	Radar J
Fonction	Météorologie	Météorologie	Météorologie	Radionavigation aéronautique	Météorologie	Météorologie	Météorologie	Météorologie	Météorologie	Météorologie
Type de plate-forme (aéroportée, embarquée, à terre)	Terre/navire	Aéroporté	Terre	Aéroporté	Terre	Terre	Terre	Terre	Terre	Terre
Plage d'accord (MHz)	5 300-5 700	5 370	5 600-5 650	5 440	5 600-5 650	5 300-5 700	5 600-5 650	5 600-5 650	5 600-5 650	5 250-5 725
Modulation	Non communiquée	Non communiquée	Non communiquée	Non communiquée	Non communiquée	Non communiquée	Non communiquée	Conventionnelle	Avec capacité Doppler	Avec capacité Doppler
Puissance d'émission à l'antenne	250 kW crête 125 W moy.	70 kW crête	250 kW crête 1 500 W moy.	200 W crête	250 kW crête	250 kW crête	250 kW crête	250 kW crête 150 W moy.	250 kW crête 150 W moy.	2,25 kW crête
Largeur d'impulsion (µs)	2,0	6,0	0,05-18	1-20	1,1	0,8-2,0	3,0	0,8-5	0,8-5	0,1
Temps de montée/ descente d'impulsion (µs)	0,2	0,6	0,005	0,1	0,11	0,08	0,3	0,2-2	0,2-2	0,005
Taux de répétition des impulsions (pps)	50, 250 et 1 200	200	0-4 000	180-1 440	2 000	250-1 180	259	250-1 200	50-1 200	100 000
Dispositif de sortie	Magnétron coaxial	Magnétron coaxial	Klystron	Magnétron	Klystron	Magnétron accordable	Magnétron coaxial	Magnétron coaxial ou Klystron	Magnétron coaxial	Magnétron coaxial
Type de diagramme d'antenne (ponctuel, éventail, à cosécante carrée, etc.)	Conique	Eventail	Ponctuel	Ponctuel	Ponctuel	Ponctuel	Ponctuel	Ponctuel	Ponctuel	Ponctuel
Type d'antenne (réflecteur, réseau déphaseur, réseau à fentes, etc.)	Réflecteur parabolique plein	Parabolique	Parabolique	Réseau à fentes	Parabolique	Parabolique	Parabolique plein	Parabolique plein	Parabolique plein	Parabolique plein
Polarisation d'antenne	Verticale	Horizontale	Horizontale	Horizontale	Horizontale	Horizontale	Horizontale	Horizontale et/ou verticale	Horizontale ou verticale	Horizontale ou verticale
Gain du faisceau principal (dBi)	39	37,5	44	34	50	40	40	40-50	40-50	35-45

TABLEAU 2 (*fin*)

Caractéristiques	Radar A	Radar B	Radar C	Radar D	Radar E	Radar F	Radar G	Radar H	Radar I	Radar J
Largeur de faisceau en élévation (degrés)	4,8	4,1	0,95	3,5	< 0,55	< 1,0	1,65	0,5-2	0,5-2	2,4-12
Largeur de faisceau en azimut (degrés)	0,65	1,1	0,95	3,5	< 0,55	< 1,0	1,65	0,5-2	0,5-2	1,5-12
Vitesse de balayage horizontale (degrés/s)	0,65	24	0-36 (0-6 tr/mn)	20	21-24	30-48	30-48	6-18 (1-3 tr/mn)	6-18 (1-3 tr/mn)	1,2
Type de balayage horizontal (continu, aléatoire, 360°, sectoriel, etc.) (degrés)	360	180 Sectoriel	360	Continu	Continu 360 Sectoriel	360	360	360	360	360
Vitesse de balayage verticale (degrés/s)	Sans objet	Non communiquée	Non communiquée	45	15	15	15	1-10	1-14	Non communiquée
Type de balayage vertical (continu, aléatoire, 360°, sectoriel, etc.) (degrés)	Sans objet	Non communiqué	Non communiqué	Secteur	Pas à pas, 0,5-60	Pas à pas, –2 à +60	–1 à +60	–1 à +90	–5 à +90	Non communiqué
Niveau de lobes latéraux (1er lobe et lobes distants) (dB)	–26	–20	–35	–31	–27	–25	–25	–25 à –35	–25 à –35	–20
Hauteur de l'antenne (m)	30	Altitude de l'aéronef	10	Altitude de l'aéronef	30	30	30	6-30	6-30	10
Bande audiofréquence 3 dB IF du récepteur (MHz)	0,5	0,6	20	1,0	0,91	0,6	0,25 à 0,5	0,7 à 4	0,1 à 3,0	10
Facteur de bruit du récepteur (dB)	7	6	4	5	2,3	3	3	3,5-8	1,5-8	3
Signal discernable minimal (dBm)	–110	–106	–97	–109	–109	–109 à –112	–114	–113 à –120	–113 à –120	–113 à –118

TABLEAU 3

Caractéristiques des systèmes de radiolocalisation

Caractéristiques	Radar K	Radar L	Radar M	Radar N	Radar O	Radar P	Radar Q	Radar R	Radar S
Fonction	Mesure	Mesure	Mesure	Mesure	Mesure	Recherche en surface et aérienne	Recherche en surface et aérienne	Recherche et imagerie de la Terre	Recherche
Type de plate-forme (aéroportée, embarquée, à terre)	A terre	A terre	A terre	A terre	A terre	Navire	Navire	Aéroporté	Aéroporté
Plage d'accord (MHz)	5 300	5 350-5 850	5 350-5 850	5 400-5 900	5 400-5 900	5 300	5 450-5 825	5 300	5 250-5 725
Modulation	Non communiquée	Néant	Néant	Impulsion/ comprimée	Impulsion comprimée	MF linéaire	Néant	MF non linéaire/linéaire	Impulsion de type onde continue
Puissance d'émission à l'antenne	250 kW	2,8 MW	1,2 MW	1,0 MW	165 kW	360 kW	285 kW	1 ou 16 kW	100-400 W
Largeur d'impulsion (µs)	1,0	0,25, 1,0, 5,0	0,25, 0,5, 1,0	0,25-1 (normal) 3,1-50 (comprimée)	100	20,0	0,1/0,25/1,0	7 ou 8	1,0
Montée/descente d'impulsion (µs)	0,1/0,2	0,02-0,5	0,02-0,05	0,02-0,1	0,5	0,5	0,03/0,05/0,1	0,5	0,05
Taux de répétition des impulsions (pps)	3 000	160, 640	160, 640	20-1 280	320	500	2 400/1 200/ 750	1 000-4 000	200-1 500
Bande des impulsions modulées en fréquence (MHz)	Non communiquée	Non communiquée	Non communiquée	4,0	8,33	1,5	Non communiquée	62, 124	Non communiquée
Largeur de bande d'émission RF –3 dB –20 dB (MHz)	4,0 10,0	0,5-5	0,9-3,6 6,4-18	0,9-3,6 6,4-18	8,33 9,9	1,5 1,8	5,0/4,0/1,2 16,5/12,5/7,0	62, 124 65, 130	4,0 10,0
Type de diagramme d'antenne (ponctuel, éventail, à cosécante carrée, etc.)	Ponctuel	Ponctuel	Ponctuel	Ponctuel	Ponctuel	Cosécante carrée	Eventail	Eventail	Ponctuel
Type d'antenne (réflecteur, réseau déphaseur, réseau à fentes, etc.)	Réflecteur parabolique	Parabolique	Parabolique	Réseau déphaseur	Réseau déphaseur	Parabolique	Réseau à cornet d'alimentation à onde progressive	Deux cornets polarisés doubles sur support unique	Réseau à fentes

TABLEAU 3 (*fin*)

Caractéristiques	Radar K	Radar L	Radar M	Radar N	Radar O	Radar P	Radar Q	Radar R	Radar S
Polarisation d'antenne	Verticale/ circulaire à gauche	Verticale/ circulaire à gauche	Verticale/ circulaire à gauche	Verticale/ circulaire à gauche	Verticale/ circulaire à gauche	Horizontale	Horizontale	Horizontale et verticale	Circulaire
Gain du faisceau principal (dBi)	38,3	54	47	45,9	42	28,0	30,0	26	30-40
Largeur de faisceau en élévation (degrés)	2,5	0,4	0,8	1,0	1,0	24,8	28,0	28,0	2-4
Largeur de faisceau en azimut (degrés)	2,5	0,4	0,8	1,0	1,0	2,6	1,6	3,0	2-4
Vitesse de balayage horizontale (degrés/s)	Non communiquée (poursuite)	Non communiquée (poursuite)	Non communiquée (poursuite)	Non communiquée (poursuite)	Non communiquée (poursuite)	36, 72	90	Non communiquée	20
Type de balayage horizontal (continu, aléatoire, 360°, sectoriel, etc.) (degrés)	Non communiqué (poursuite)	Non communiqué (poursuite)	Non communiqué (poursuite)	Non communiqué (poursuite)	Non communiqué (poursuite)	Continu 360	30-270 Secteur	Fixe, à gauche où à droite de la trajectoire de vol	Continu
Vitesse de balayage verticale (degrés/s)	Non communiquée (poursuite)	Non communiquée (poursuite)	Non communiquée (poursuite)	Non communiquée (poursuite)	Non communiquée (poursuite)	Non communiquée	Non communiquée	Non communiquée	Non communiquée
Type de balayage vertical (continu, aléatoire, 360°, sectoriel, etc.) (degrés)	Non communiqué (poursuite)	Non communiqué (poursuite)	Non communiqué (poursuite)	Non communiqué (poursuite)	Non communiqué (poursuite)	Non communiqué	Fixe	Fixe en élévation (–20 à –70)	Non communiqué
Niveau de lobes latéraux (1er latéral et lobes éloignés) (dB)	–20	–20	–20	–22	–22	–20	–25	–22	–25
Hauteur de l'antenne (m)	20	20	8-20	20	20	40	40	Jusqu'à 8 000	9 000
Largeur de bande 3 dB IF du récepteur (MHz)	1	4,8, 2,4, 0,25	4, 2, 1	2-8	8	1,5	1,2, 10	90, 147	1
Facteur de bruit du récepteur (dB)	6	5	5	11	5	5	10	4,9	3,5
Signal discernable minimal (dBm)	–105	–107	–100	–107,–117	–100	–107	–94 (impulsion courte/moyenne) –102 (impulsion large)	–90, –87	–110

3 Caractéristiques opérationnelles

3.1 Radars de météorologie

Les radars de météorologie, aéroportés ou au sol, fonctionnent dans la gamme de fréquences 5 250-5 850 MHz et leurs caractéristiques techniques figurent dans le Tableau 1.

Les radars de météorologie au sol sont utilisés pour détecter des conditions atmosphériques dangereuses et pour établir des plans de vol; dans le monde entier, ils se trouvent généralement près des aéroports et fonctionnent en permanence, 24 heures sur 24.

Les radars de météorologie fournissent des mesures quantitatives des précipitations par zones et font généralement partie de réseaux qui coordonnent l'ensemble des mesures à l'échelle nationale ou régionale. Ceux qui utilisent la technologie radar Doppler observent également la vitesse des précipitations, qui révèle la présence de phénomènes météorologiques graves tels que tornades, cyclones et orages violents ainsi que les cisaillements du vent et les turbulences. Les mesures quantitatives de ces deux types de radar sont utilisées en temps réel, en tant que sources de données déterminantes et uniques pour les prévisions hydrologiques, météorologiques et environnementales. L'assimilation de données numériques, la modélisation et la prévision du temps, des inondations et de la pollution, surtout en cas de phénomènes pouvant avoir des conséquences graves, permettent d'y augmenter la précision et l'actualité des prévisions et des avertissements. Les données peuvent être utilisées directement, par exemple pour évaluer le risque de foudre. De nombreuses applications peuvent être capitales pour la sécurité et la protection de la population en général (tant la vie que les biens) et la sécurité des opérations militaires.

Les radars de météorologie aéroportés sont utilisés pour la recherche et l'identification des cyclones. Les aéronefs pénètrent à plusieurs reprises dans l'œil du cyclone à des altitudes comprises entre 1 500 (457 m) et 20 000 (6 096 m) pieds; ils collectent des données de mission de recherche qui sont déterminantes pour les modèles informatiques de prévision de l'intensité des typhons et de l'endroit où ils toucheront la terre ferme. D'autres aéronefs pénètrent dans les typhons à des altitudes plus élevées, moins exposées aux turbulences (30 000 à 45 000 pieds ou 9 144-13 716 m) pour déterminer la position de l'œil.

3.2 Radars de radionavigation aéronautique

Les radars fonctionnant dans le SRNA dans la bande de fréquences 5 350-5 460 MHz sont principalement des systèmes aéroportés utilisés pour la sécurité en vol. Il s'agit de radars de détection météorologique et d'évitement des intempéries, qui fonctionnent en permanence pendant le vol, et de radars de détection des cisaillements du vent, qui entrent automatiquement en action lorsque l'aéronef descend au-dessous de 2 400 (732 m) pieds. Ces deux types de radar ont des caractéristiques proches; il s'agit principalement de radars frontaux qui balayent un certain volume autour du trajet de vol de l'aéronef. Ces systèmes effectuent automatiquement un balayage sur une plage d'azimuts et d'élévations donnée et sont généralement réglables manuellement (mécaniquement) en élévation par le pilote (si celui-ci désire diverses «coupes» en élévation pour prendre des décisions en matière de navigation).

3.3 Radars de radiolocalisation

De nombreux types de radar ayant des fonctions différentes sont utilisés par le service de radiolocalisation dans toute la gamme 5 250-5 850 MHz. Le Tableau 3 contient les caractéristiques techniques de plusieurs types de radar représentatifs utilisant des fréquences qui permettent notamment d'évaluer la compatibilité entre les radars de localisation et les systèmes d'autres services. L'emploi opérationnel de ces radars est brièvement examiné dans le texte qui suit.

Les radars de mesure utilisés sur les pas de tir fournissent des données très précises sur la position de véhicules spatiaux au lancement et de véhicules aéronautiques soumis à des essais de développement et à des essais opérationnels. Ces radars se caractérisent par de grandes puissances d'émission et des antennes de type réflecteurs paraboliques à grande ouverture avec des faisceaux ponctuels très étroits. Ces radars ont des antennes d'autopoursuite qui suivent la cible sur écho naturel ou sur répondeur (à noter que les balises radars, non mentionnées dans les tableaux, généralement réglables de 5 400 à 5 900 MHz, ont des puissances d'émission de l'ordre de 50 à 200 W en crête et servent à retransmettre le signal radar reçu). Les périodes de fonctionnement s'étendent de quelques minutes à 4 ou 5 heures selon le programme d'essai. Les opérations sont effectuées à intervalles programmés, 24 heures sur 24 et 7 jours sur 7.

Les radars embarqués de surveillance maritime et aérienne sont utilisés pour la protection des navires; ils fonctionnent en permanence pendant que le navire fait route et à l'entrée et à la sortie des zones portuaires. Ils utilisent généralement des puissances d'émission moyennement élevées et des antennes qui balaient électroniquement en élévation et mécaniquement de 360° en azimut. Il peut arriver que plusieurs navires utilisent ces radars simultanément dans une même zone géographique.

D'autres radars pour applications spéciales sont également utilisés dans la bande 5 250-5 850 MHz. Le radar Q (Tableau 3) est un radar aéroporté à ouverture synthétique servant à la cartographie et à l'imagerie du sol, aux études environnementales et d'occupation des sols, et d'autres activités de recherche connexes. Ils sont utilisés en continu à diverses altitudes et avec des angles vers le bas variables, pendant des périodes dont la durée, qui peut atteindre des heures, dépend de la nature de chaque campagne de mesure.

4 Critères de protection

L'effet désensibilisant produit par un brouillage de type onde entretenue ou à caractère de bruit sur les radars exploités dans cette bande peut être prévu en fonction de son intensité. Dans tout secteur en azimut dans lequel se produit un tel brouillage, sa puissance surfacique peut être simplement ajoutée à la puissance surfacique du bruit thermique du récepteur radar, avec une approximation raisonnable. Si la puissance surfacique du bruit du récepteur radar en l'absence de brouillage est désignée N_0 et celle du brouillage de type bruit I_0, la puissance surfacique effective résultante est simplement $I_0 + N_0$. Une augmentation d'environ 1 dB dans le cas des radars de météorologie et de radiolocalisation constituerait une dégradation notable. Une telle augmentation correspond à un rapport $(I + N)/N$ de 1,26, soit un rapport I/N d'environ –6 dB. Dans le cas des radars de radionavigation et de météorologie, qui ont une fonction de sécurité de la vie, une augmentation d'environ 0,5 dB constitue une dégradation importante. Une telle augmentation correspond à un rapport $(I + N)/N$ d'environ –10 dB. Toutefois, il faut un complément d'étude pour valider cette valeur. Ces critères de protection représentent l'effet de l'ensemble des brouilleurs s'il y en a plusieurs; le rapport I/N tolérable d'un brouilleur donné dépend du nombre de brouilleurs et de leur géométrie et doit être évalué pendant l'analyse d'un scénario donné.

Le facteur d'agrégation peut être considérable dans le cas de certains systèmes de communication qui peuvent utiliser un grand nombre de stations.

L'effet du brouillage pulsé est plus difficile à quantifier et dépend fortement de la conception du récepteur/processeur et de son mode de fonctionnement. Ce sont en particulier les gains de traitement différentiel pour un retour de cible valable, à impulsions synchrones, et les impulsions de brouillage qui sont généralement asynchrones, qui ont souvent des effets importants sur l'impact de niveaux donnés de brouillage pulsé. Plusieurs formes différentes de dégradation des performances peuvent résulter d'une telle désensibilisation. Son évaluation sera un objectif pour l'analyse des interactions entre différents types de radar. De manière générale, de nombreuses caractéristiques des radars de radiorepérage devraient contribuer à supprimer les brouillages pulsés en cas de faible coefficient d'utilisation, surtout en provenance de quelques sources isolées. Les techniques de suppression des brouillages pulsés en cas de faible coefficient d'utilisation sont contenues dans la Recommandation UIT-R M.1372 – Utilisation efficace du spectre radioélectrique par les stations radar du service de radiorepérage.

5 Techniques de réduction du brouillage

Généralement, la compatibilité réciproque entre les radars de radiolocalisation, de radionavigation aéronautique et de météorologie est facilitée par le balayage des faisceaux d'antenne qui limite le couplage des faisceaux principaux. Une réduction supplémentaire est permise par les différences entre les ondes des deux types de radar et le rejet associé des impulsions brouilleuses au moyen du filtrage du récepteur et de techniques de traitement du signal telles que la limitation, la commande cyclique du gain et l'intégration du signal. Par ailleurs, le brouillage peut être atténué grâce à l'écartement des fréquences porteuses ou à la discrimination dans le temps, supposant l'utilisation de techniques de rejet/suppression d'impulsions asynchrones. Dans les interactions de radar à radar, la séparation en fréquence n'est pas toujours nécessaire pour obtenir la compatibilité, étant donné que des découplages importants de puissance et de temps se produisent naturellement ou peuvent être obtenus par une conception adéquate. Des précisions supplémentaires sur les techniques de réduction des brouillages utilisées dans les systèmes radars sont contenues dans la Recommandation UIT-R M.1372.

RECOMMANDATION UIT-R M.1642-2

Méthode d'évaluation de la puissance surfacique équivalente cumulative maximale produite au niveau d'une station du service de radionavigation aéronautique par tous les systèmes du service de radionavigation par satellite exploités dans la bande 1 164-1 215 MHz

(2003-2005-2007)

Domaine de compétence

On trouvera dans cette Recommandation une méthode et les caractéristiques d'antenne de référence permettant d'évaluer le niveau de puissance surfacique équivalente (epfd) cumulative maximale produite à l'entrée d'une station du service de radionavigation aéronautique (SRNA) par tous les systèmes du service de radionavigation par satellite (SRNS) exploités dans une partie quelconque de la bande 1 164-1 215 MHz.

L'Assemblée des radiocommunications de l'UIT,

considérant

a) que conformément au Règlement des radiocommunications (RR), la bande 960-1 215 MHz est attribuée à titre primaire au service de radionavigation aéronautique (SRNA) dans toutes les Régions de l'UIT;

b) que des analyses montrent que l'on peut générer dans la bande 1 164-1 215 MHz des signaux du SRNS ne causant pas de brouillages aux récepteurs DME/TACAN du SRNA exploités dans cette bande;

c) qu'un critère de protection du SRNA a été élaboré et qu'il est exprimé sous forme d'un niveau de puissance surfacique équivalente (epfd) dans la Recommandation UIT-R M.1639,

reconnaissant

a) que la CMR-2000 a attribué à titre coprimaire la bande de fréquences 1 164-1 215 MHz au service de radionavigation par satellite (SRNS), sous réserve des conditions en vertu desquelles le SRNS doit protéger le service de radionavigation aéronautique (SRNA) contre les brouillages préjudiciables;

b) que la CMR-03 a établi que la protection du SRNA par rapport au SRNS peut être assurée si la valeur de la puissance surfacique équivalente (epfd) produite par toutes les stations spatiales de tous les systèmes du SRNS (espace vers Terre) exploités dans la bande 1 164-1 215 MHz ne dépasse pas –121,5 dB(W/m^2) dans une bande quelconque de 1 MHz et qu'elle a adopté la Résolution 609 (CMR-03) pour garantir que ce niveau n'est pas dépassé;

c) que, conformément au numéro 1.59 du RR, le SRNA est un service de sécurité et que des dispositions spéciales doivent être prises par les administrations pour protéger les services de sécurité, conformément aux dispositions du numéro 4.10 du RR,

recommande

1 d'utiliser la méthode de l'Annexe 1 et les caractéristiques de référence d'une station du SRNA données dans l'Annexe 2 afin de calculer le niveau d'epfd cumulative maximale produite par les émissions de tous les systèmes du SRNS au niveau d'une station de radionavigation aéronautique quelconque.

Annexe 1

Méthode d'évaluation d'epfd cumulative maximale produite au niveau d'une station du SRNA par tous les systèmes du SRNS exploités dans la bande 1 164-1 215 MHz

Résumé de la méthode

Grâce à la méthode décrite dans la présente Annexe, il est possible de calculer le niveau de puissance epfd cumulative maximale produite par tous les systèmes du SRNS dans la bande 1 164-1 215 MHz.

On peut facilement associer des systèmes différents dans le cadre de cette méthode, ce qui permet d'examiner au cours d'une réunion de consultation l'incidence de modifications telles que l'inclusion ou l'exclusion d'un ou plusieurs systèmes ou l'effet induit par la modification des caractéristiques de certains systèmes.

Cette méthode s'applique aussi bien aux systèmes non OSG composés de constellations de satellites sur n'importe quelle orbite d'inclinaison qu'aux systèmes OSG.

Elle s'articule en deux étapes:

Etape 1: Calcul de la puissance epfd produite par chacun des systèmes du SRNS. Peut être effectué indépendamment par chaque opérateur préalablement à la réunion de consultation, à condition que le format des résultats soumis soit compatible aux spécifications (voir le § 1.3 pour les systèmes non OSG et le § 1.4 pour les systèmes OSG).

Etape 2: Association des niveaux de puissance epfd maximale produite par chacun des systèmes en superposant les cartes d'epfd, si nécessaire pour différentes fréquences, afin d'obtenir le niveau de puissance epfd cumulative maximale (voir le § 2) produite dans la bande 1 164-1 215 MHz.

Description de la méthode

1 Méthode de calcul de l'epfd maximale produite par un seul système du SRNS

1.1 Définition de l'epfd

La définition de la puissance surfacique équivalente (epfd) est fondée sur les termes du numéro 22.5C.1 du RR tel que l'a adopté la CMR-2000.

Soit une antenne recevant dans sa largeur de bande de référence une puissance émanant de plusieurs émetteurs situés à des distances diverses suivant des directions variées et émettant différents niveaux de puissance surfacique incidente. La puissance epfd reçue par cette antenne est égale à la puissance surfacique qui, générée par un émetteur unique situé dans le champ lointain de l'antenne suivant la direction de gain maximal de celle-ci, produirait à l'entrée de l'antenne une puissance égale à la somme des différentes puissances effectivement reçues en provenance des divers émetteurs.

L'epfd instantanée est calculée à l'aide de la formule suivante:

$$epfd = 10 \log_{10}\left[\sum_{i=1}^{N_a} 10^{\frac{P_i}{10}} \cdot \frac{G_t(\theta_i)}{4\pi d_i^2} \cdot \frac{G_r(\varphi_i)}{G_{r,\,max}}\right]$$

où:

N_a: nombre de stations spatiales visibles depuis le récepteur

i: indice de la station spatiale considérée

P_i: puissance RF (dans la largeur de bande de référence) à l'entrée de l'antenne (ou puissance RF rayonnée dans le cas d'une antenne active) générée par la station spatiale émettrice (dB(W/MHz))

θ_i: angle entre l'axe de visée de la station spatiale émettrice et la direction du récepteur (degrés)

$G_t(\theta_i)$: gain de l'antenne d'émission de la station spatiale en direction du récepteur (rapport de puissances)

d_i: distance entre la station émettrice et le récepteur (m)

φ_i: angle entre la direction de pointage du récepteur et la direction de la station spatiale émettrice (degrés)

$G_r(\varphi_i)$: gain de l'antenne du récepteur en direction de la station spatiale émettrice (voir l'Annexe 2) (rapport de puissances)

$G_{r,\,max}$: gain maximal de l'antenne du récepteur (rapport de puissances)

$epfd$: puissance surfacique équivalente instantanée au niveau du récepteur (dB(W/(m^2 · MHz))).

NOTE 1 – On suppose que chaque émetteur est situé dans le champ lointain du récepteur (c'est-à-dire à une distance supérieure à $2D\ 2/\lambda$, D étant le diamètre réel de l'antenne du récepteur et λ étant la longueur d'onde d'observation exprimée dans la même unité). Cette hypothèse est toujours satisfaite dans le cas examiné ici.

1.2 Considérations générales

Lors de la première étape de la méthode, la valeur maximale d'epfd produite par chaque constellation de satellites du SRNS est calculée pour chaque degré de latitude et de longitude sur toute la surface de la Terre pour chaque largeur de bande de 1 MHz occupée par le système.

Le récepteur brouillé du SRNA pouvant équiper un aéronef dont l'altitude peut atteindre jusqu'à 40 000 pieds (12 192 m) (voir le § 2 de l'Annexe 2), il convient de considérer pour les calculs tous les satellites dont l'angle d'élévation est compris entre 90º et –3,54º.

Le calcul de la distribution de puissance epfd produite par chaque système est nécessaire uniquement à une seule fréquence de référence, de préférence à la fréquence à laquelle la puissance du signal est maximale. Le profil spectral du signal du SRNS devrait être fourni lors d'une réunion

de consultation, de telle sorte que l'on puisse multiplier les résultats des calculs par les facteurs de profilage spectral appropriés pour obtenir les résultats à une autre fréquence.

1.3 Méthode de calcul de la valeur maximale d'epfd produite par un système non OSG du SRNS

On pourra utiliser la méthode de simulation donnée dans l'Appendice 1 à l'Annexe 1, qui est entièrement fondée sur la méthode décrite dans la Recommandation UIT-R S.1325.

La méthode exposée dans l'Appendice 2 à l'Annexe 1 est entièrement fondée sur une approche de type analytique. Elle permet d'obtenir des estimations rapides mais pas la valeur exacte de la limite supérieure.

1.4 Méthode de calcul de la valeur maximale d'epfd produite par un système OSG du SRNS

La valeur maximale d'epfd produite par chaque satellite OSG doit être calculée pour chaque degré de latitude et de longitude sur toute la surface de la Terre pour chaque largeur de bande de 1 MHz utilisée par le système.

Puisque, dans un tel cas, la puissance epfd produite ne dépend pas du temps, on peut calculer directement les valeurs associées à un seul tableau de résultats.

2 Méthode de calcul de la valeur d'epfd cumulative maximale produite par tous les systèmes du SRNS

2.1 Données requises pour chaque système

Pour chaque système non OSG du SRNS n'ayant pas de période géosynchrone, la réunion de consultation se verra remettre une liste des valeurs maximales d'epfd en fonction de la latitude (valables quelle que soit la longitude) ainsi que le profil spectral du signal, conformément à la méthode mentionnée au § 1.3.

Pour chaque système non OSG du SRNS ayant une période géosynchrone, la réunion de consultation se verra remettre une liste des valeurs maximales d'epfd en fonction de la latitude et de la longitude ainsi que le profil spectral du signal, conformément à la méthode mentionnée au § 1.3.

Pour chaque système OSG du SRNS, la réunion de consultation se verra remettre un tableau des valeurs maximales d'epfd en fonction de la latitude et de la longitude ainsi que le profil spectral du signal, conformément à la méthode mentionnée au § 1.4.

2.2 Association des puissances epfd produites par des systèmes utilisant des signaux ayant des caractéristiques similaires

La valeur de la puissance epfd cumulative produite par les systèmes du SRNS dont le gain maximal en émission survient à la même fréquence peut être obtenue en trois étapes:

Etape 1a: sommation point à point des valeurs maximales d'epfd dans la largeur de bande de 1 MHz présentant la puissance maximale pour chaque latitude pour toutes les listes des systèmes non OSG considérés (n'ayant pas de période géosynchrone), afin d'obtenir la liste des valeurs d'epfd cumulative produite par les systèmes non OSG (n'ayant pas de période géosynchrone) en fonction de la latitude;

Etape 1b: sommation point à point des valeurs maximales d'epfd dans la largeur de bande de 1 MHz présentant la puissance maximale pour chaque latitude et pour chaque longitude pour toutes les listes des systèmes non OSG (ayant une période géosynchrone), afin d'obtenir la liste des valeurs

d'epfd cumulative produite par les systèmes non OSG (ayant une période géosynchrone) en fonction de la latitude et de la longitude;

Etape 2: sommation point à point des valeurs maximales d'epfd dans la largeur de bande de 1 MHz présentant la puissance maximale pour chaque point de latitude et de longitude pour tous les tableaux des systèmes OSG considérés, afin d'obtenir le tableau des valeurs d'epfd cumulative produites par les systèmes OSG en fonction de la latitude et de la longitude;

Etape 3: sommation point à point de la liste des valeurs d'epfd cumulative produites par les systèmes non OSG (n'ayant pas de période géosynchrone) en fonction de la latitude et de la liste des valeurs d'epfd cumulative produites par les systèmes non OSG (ayant une période géosynchrone) en fonction de la latitude et de la longitude aux colonnes des longitudes du tableau des valeurs d'epfd cumulative produites par les systèmes OSG en fonction de la latitude et de la longitude, afin d'obtenir le tableau des valeurs globales d'epfd cumulative en fonction de la latitude et de la longitude.

L'examen de la valeur d'epfd la plus grande inscrite dans ce dernier tableau permettra de déterminer si le critère de protection de la Recommandation UIT-R M.1639 est respecté quelle que soit la largeur de bande de 1 MHz considérée.

2.3 Association de puissances epfd produites par des systèmes utilisant des signaux ayant des caractéristiques différentes

Il convient de noter que la valeur d'epfd cumulative maximale dépendra de la fréquence. Si les spectres de tous les systèmes du SRNS considérés présentent un maximum à la même fréquence, il suffira de procéder à une seule analyse. Par contre, si certains systèmes présentent des maximaux différents, parce qu'ils utilisent des fréquences centrales différentes avec recouvrement de spectre ou parce qu'ils utilisent des techniques de modulation différentes, l'analyse de la valeur d'epfd cumulative maximale nécessitera de prendre en compte les fréquences.

Pour déterminer la valeur d'epfd cumulative maximale produite par des systèmes du SRNS présentant des fréquences centrales différentes, il faudra au minimum procéder aux trois étapes susmentionnées pour chacune des fréquences à laquelle l'un des systèmes présente la valeur maximale de son spectre, et il faudra peut-être également procéder à une analyse à des fréquences intermédiaires.

Les listes ou tableaux associés à chaque fréquence seront modifiés à l'aide du facteur de profilage spectral approprié avant sommation avec d'autres listes ou tableaux.

L'examen de la valeur d'epfd la plus grande parmi tous les tableaux résultants permettra de déterminer si le critère de protection de la Recommandation UIT-R M.1639 est respecté quelle que soit la largeur de bande de 1 MHz considérée.

2.4 Examen des résultats

Après avoir déterminé la valeur d'epfd cumulative maximale, on pourra envisager de procéder à une seule simulation simultanée de tous les systèmes du SRNS pour l'emplacement de la station du SRNA sur lequel cette valeur d'epfd cumulative maximale absolue a été obtenue, afin de confirmer les résultats obtenus en utilisant l'Appendice 1 ou 2 à l'Annexe 1.

Appendice 1
à l'Annexe 1

Méthode de simulation pour déterminer la valeur maximale d'epfd produite par un système non OSG du SRNS

1 Description de la méthode de simulation

Le cadre adopté pour cette méthode fondée sur la Recommandation UIT-R S.1325 vise à modéliser tous les satellites d'un système du SRNS à une fréquence de référence particulière (généralement dans la largeur de 1 MHz de la bande 1 164-1 215 MHz qui présente la valeur maximale de densité spectrale du signal du SRNS). On échantillonne une simulation de la constellation sur une certaine durée avec un pas temporel relativement petit. On calcule à chaque pas les valeurs d'epfd pour tous les points de latitude et de longitude. On enregistre la valeur maximale d'epfd pour chaque point de latitude et de longitude. Les autres valeurs peuvent être éliminées. On obtient un tableau, qu'on peut représenter par une carte (voir les Fig. 5 et 6). On détermine ensuite la valeur maximale d'epfd pour chaque latitude, ce qui élimine les approximations dues à la durée limitée de la simulation.

2 Hypothèses de simulation

2.1 Modèle orbital

Les modèles orbitaux de simulation des stations spatiales en orbite se rapportent aux orbites circulaires et aux orbites elliptiques et tiennent uniquement compte de la précession de la ligne des nœuds dans le plan équatorial due au caractère non sphérique de la Terre.

Le modèle orbital offre une représentation du déplacement du satellite dans le repère inertiel géocentrique de la Fig. 1. L'origine de ce repère inertiel est le centre de la Terre. L'axe x pointe en direction de la constellation Aries (c'est-à-dire l'équinoxe du printemps), l'axe z est dirigé suivant l'axe de rotation moyen de la Terre et l'axe y correspond au produit vectoriel des vecteurs unités des directions z et x (c'est-à-dire $\vec{y} = \vec{z} \times \vec{x}$).

Les modèles orbitaux sont fondés sur l'équation de Newton du mouvement d'un satellite en orbite circulaire autour d'une Terre parfaitement sphérique et dans une ellipse. Dans le cas du système non OSG utilisant une orbite circulaire, ce mouvement est facile à modéliser car le rayon de l'orbite et la vitesse du satellite sont constants.

2.1.1 Constantes relatives à la Terre

Les constantes générales relatives à la Terre sont les suivantes:

R_e: rayon de la Terre (6 378,137 km)

O: centre de la Terre

μ: constante de l'attraction terrestre ($3{,}986005 \times 10^5$ km^3/s^2)

J_2: constante du second harmonique du potentiel terrestre ($1\,082{,}63 \times 10^{-6}$)

T_e: période de rotation de la Terre (23 h 56′ 4,0989" = 86 164,0989 s)

Ω_e: vitesse angulaire de rotation de la Terre = $2\pi/T_e \cong 7{,}2921151467 \times 10^{-5}$ rad/s

t: temps écoulé (s) depuis l'/les époque(s) simulée(s).

2.1.2 Constantes relatives aux stations spatiales du système à satellites non OSG

Pour les stations spatiales du système à satellites non OSG utilisant des orbites circulaires (voir la Fig. 1), les constantes sont les suivantes:

N: nombre de stations spatiales du système non OSG

i: indice de chaque satellite non OSG ($0 \le i < N$)

h_{sat}: altitude du satellite au-dessus de la Terre (km)

r: rayon de l'orbite du satellite (km) = $h_{sat} + R_e$

I: angle d'inclinaison du plan orbital au-dessus de l'équateur (rad)

RAAN: ascension droite du nœud ascendant (*right ascension of the ascending node*)

$\Omega_{i,0}$: RAAN du $i$ème satellite non OSG à l'instant t (rad)

$u_{i,0}$: argument de latitude du $i$ème satellite non OSG à l'instant t (rad)

T: période orbitale du satellite (s) = $2\pi\,(r^3/\mu)^{1/2}$

n: mouvement moyen d'un satellite (rad/s) = $2\pi/T$

$u_{i,t}$: argument de latitude du $i$ème satellite à l'instant t (rad) = $u_{i,0} + n_t$

Ω_{ri}: régression de la ligne des nœuds (nœud ascendant) (rad/s)

$$= -\frac{3}{2}\,\mathrm{J}_2\,\cos(I)\,R_e^2\,\frac{\sqrt{r\mu}}{r^4}$$

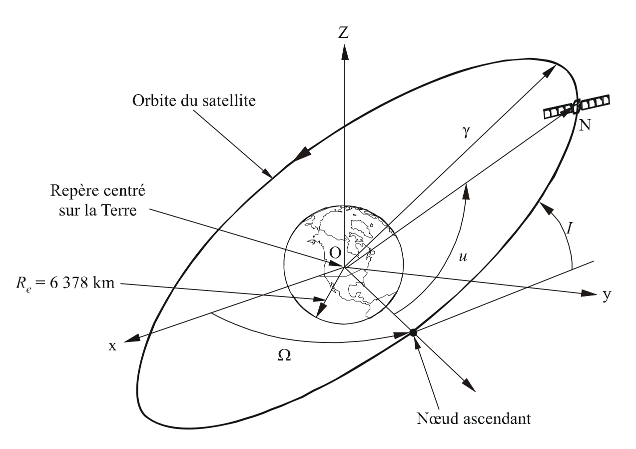
$\Omega_{i,t}$: RAAN du $i$ème satellite à l'instant t (rad) = $\Omega_{i,0} + \Omega_r t$

$\overrightarrow{ON}_i$: vecteur des coordonnées (système de coordonnées inertiel) d'un satellite non OSG dans un repère fixe par rapport au centre de la Terre:

$$\overrightarrow{ON}_i = \begin{bmatrix} x_i \\ y_i \\ z_i \end{bmatrix} = r \begin{bmatrix} \cos(u_{i,t}) \cdot \cos(\Omega_{i,t}) - \cos(I) \cdot \sin(u_{i,t}) \cdot \sin(\Omega_{i,t}) \\ \cos(u_{i,t}) \cdot \sin(\Omega_{i,t}) + \cos(I) \cdot \sin(u_{i,t}) \cdot \cos(\Omega_{i,t}) \\ \sin(u_{i,t}) \cdot \sin(I) \end{bmatrix}$$

FIGURE 1

Paramètres géométriques liés à l'orbite circulaire



Pour les stations spatiales du système à satellites non OSG utilisant des orbites elliptiques (voir les Fig. 2 et 3), les constantes sont les suivantes:

- N: nombre de stations spatiales du système non OSG
- i: indice de chaque satellite non OSG ($0 \leq i < N$)
- a_i: demi-grand axe du $i$ème satellite (km)
- e_i: excentricité du $i$ème satellite
- $M_{i,0}$: anomalie moyenne du $i$ème satellite non OSG à l'instant initial (rad)
- T_i: période orbitale du satellite du $i$ème satellite (s) $= 2\pi(a_i^3/\mu)^{1/2}$
- n_i: mouvement moyen du $i$ème satellite (rad/s) $= 2\pi / T_i$
- $\nu_{i,t}$: anomalie vraie du $i$ème satellite à l'instant $t = 2 \cdot \mathrm{tg}^{-1}\left[\sqrt{\frac{1+e_i}{1-e_i}}\mathrm{tg}\frac{E_{i,t}}{2}\right]$
- $E_{i,t}$: anomalie excentrique du $i$ème satellite à l'instant $t = 2 \cdot \mathrm{tg}^{-1}\left[\sqrt{\frac{1-e_i}{1+e_i}}\mathrm{tg}\left(\frac{\nu_{i,t}}{2}\right)\right]$
- $M_{i,t}$: anomalie moyenne du $i$ème satellite à l'instant $t = M_{i,0} + n_i \cdot t = E_{i,t} - e_i \cdot \sin E_{i,t}$ *
- I_i: angle d'inclinaison du plan orbital au-dessus de l'Equateur du $i$ème satellite (rad)

---

* Dès que $M_{i,t}$ est donnée, $E_{i,t}$ est déterminée par itération. En général, pour des instants brefs, la dernière valeur de $E_{i,t}$ peut être utilisée comme estimation initiale.

RAAN: ascension droite du nœud ascendant

$\Omega_{i,0}$: RAAN de chacun des *i*ème satellites non OSG à l'instant initial (rad)

$\omega_{i,0}$: argument de périgée de chaque *i*ème satellite non OSG à l'instant initial (rad)

$u_{i,t}$: argument de latitude du *i*ème satellite à l'instant *t* (rad) = $\omega_{i,0} + \nu_{i,t}$

Ω_{ri}: régression de la ligne des nœuds (nœud ascendant) du *i*ème satellite (rad/s) $= -\frac{3}{2} J_2 \cos(I_i) R_e^2 \frac{\sqrt{a_i \mu}}{a_i^4 (1-e_i^2)^2}$

$\Omega_{i,t}$: RAAN du *i*ème satellite à l'instant *t* (rad) = $\Omega_{i,0} + \Omega_{ri} t$

$\overrightarrow{ON}_{i,t}$: vecteur des coordonnées (système de coordonnées inertiel) du *i*ème satellite non OSG dans le repère inertiel fixe par rapport au centre de la Terre à l'instant *t*:

$$\overrightarrow{ON}_{i,t} = rot3(-\Omega_{i,t}) \cdot rot1(-I_i) \cdot rot3(-\omega_{i,0}) \cdot \vec{r}_{i,t}$$

$rot1(\alpha)$: rotation autour de l'axe des x

$$rot1(\alpha) = \begin{bmatrix} 1 & 0 & 0 \\ 0 & \cos\alpha & \sin\alpha \\ 0 & -\sin\alpha & \cos\alpha \end{bmatrix}$$

$rot3(\alpha)$: rotation autour de l'axe des z

$$rot3(\alpha) = \begin{bmatrix} \cos\alpha & \sin\alpha & 0 \\ -\sin\alpha & \cos\alpha & 0 \\ 0 & 0 & 1 \end{bmatrix}$$

$\vec{r}_{i,t}$: $$\vec{r}_{i,t} = r_{i,t} \begin{bmatrix} \cos\nu_{i,t} \\ \sin\nu_{i,t} \\ 0 \end{bmatrix} = \frac{a(1-e^2)}{1+e_i \cdot \cos\nu_{i,t}} \cdot \begin{bmatrix} \cos\nu_{i,t} \\ \sin\nu_{i,t} \\ 0 \end{bmatrix}$$

FIGURE 2

Paramètres géométriques liés à l'orbite elliptique dans le plan focal

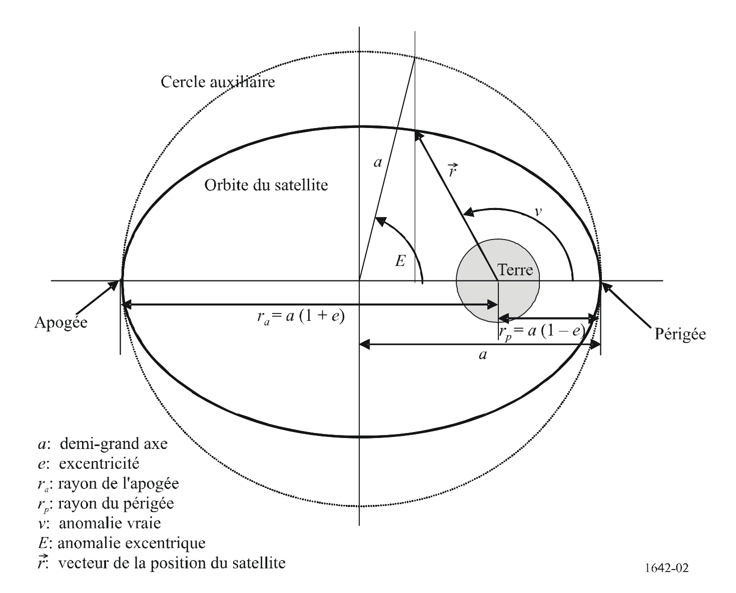
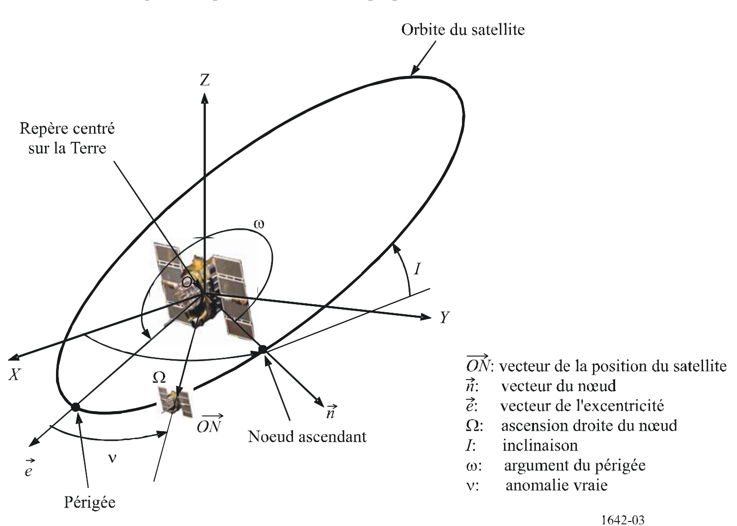


FIGURE 3

Paramètres géométriques liés à l'orbite elliptique dans le cadre de la coordination ECI



La perturbation non OSG peut être prise en compte par le calcul des constantes relatives à la constellation non OSG, puisque la position des satellites est susceptible de varier lorsque l'on tient compte des perturbations.

2.1.3 Constantes relatives à la station du SRNA

Lat: latitude de la station du SRNA (rad)

Lon: longitude de la station du SRNA (rad)

h_{SRNA}: altitude de la station du SRNA (km)

$\overrightarrow{OM}$: coordonnées de la station SRNA dans un système de coordonnées inertiel centré sur la Terre

$$\overrightarrow{OM} = \begin{cases} X = (R_e + h_{SRNA}) \cos(\text{Lat}) \cos(\text{Lon} + \Omega_e\, t) \\ Y = (R_e + h_{SRNA}) \cos(\text{Lat}) \sin(\text{Lon} + \Omega_e\, t) \\ Z = (R_e + h_{SRNA}) \sin(\text{Lat}) \end{cases}$$

2.2 Paramètres d'antenne

2.2.1 Paramètres d'antenne de la station du SRNA

Le diagramme d'antenne de la station SRNA est un paramètre d'entrée de la simulation (voir l'Annexe 2).

2.2.2 Paramètres d'antenne de la station spatiale non OSG

Pour analyser les brouillages, il convient pour modéliser une antenne de satellite non OSG d'utiliser l'un des diagrammes suivants, selon leur disponibilité:

– un diagramme d'antenne mesuré;

– le diagramme d'antenne de référence proposé;

– une fonction analytique modélisant le diagramme de rayonnement de l'antenne du satellite non OSG.

2.3 Calcul de la durée de simulation

2.3.1 Pas temporel de la simulation

Il convient certes, pour obtenir des résultats précis, d'utiliser un pas temporel de simulation, t_{inc}, aussi petit que possible, mais il faut également que la durée de simulation ne soit pas excessive. Pour parvenir à la précision voulue, il faut faire en sorte de disposer d'un nombre suffisant de mesures d'epfd (N_{hits}) lorsque l'engin spatial non OSG du SRNS est visible depuis une station spatiale du SRNA dans la partie du diagramme d'antenne présentant un gain maximal. On considère que la valeur $N_{hits} = 5$ est suffisante.

La valeur maximale du gain visible depuis une station spatiale correspond à un angle d'élévation compris entre –3,54° et +3° (voir l'Annexe 2) dans le cas d'un aéronef évoluant à 40 000 pieds (12 192 m) d'altitude. Il est important de disposer de 5 N_{hits} dans cette gamme, ce qui signifie qu'un pas de simulation de 1° est suffisant pour modéliser le mouvement des satellites de la constellation.

FIGURE 4

Eléments relatifs au pas temporel de la simulation

2.3.2 Durée totale de la simulation

Un satellite appartenant à une constellation non OSG sur n'importe quelle orbite détermine un trajet sur la surface de la Terre. Au bout d'un certain temps, propre au système, le satellite, ou un autre satellite de la même constellation, passe à la verticale du même point ou d'un point quasi identique. La durée de cet intervalle de temps est la période de répétition de la constellation. La période de répétition d'une constellation est comprise entre quelques jours et plusieurs mois, selon la constellation. Les résultats types des calculs d'epfd pour un système du SRNS au cours d'une période de répétition de la constellation sont illustrés sur la Fig. 5.

La vitesse de précession en longitude d'un satellite d'une constellation non OSG subira les effets des dérives longitudinales consécutives aux erreurs de maintien à poste de la station. Cet effet peut être modélisé et intégré dans les simulations.

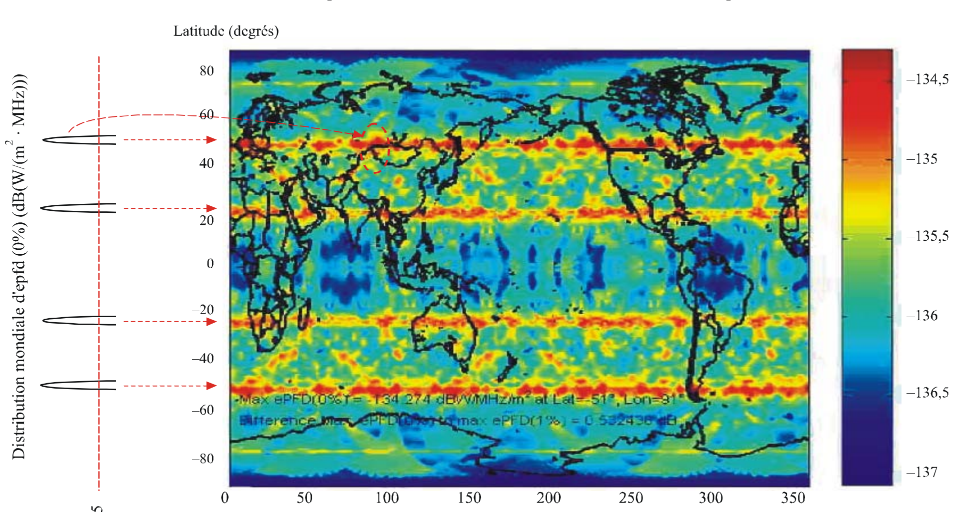
Pour le système non OSG n'ayant pas de période géosynchrone, l'effet susmentionné se traduira par la valeur maximale d'epfd pour une longitude quelconque qui sera alors la valeur maximale d'epfd pour toutes les longitudes. (En d'autres termes, si la simulation qui devait couvrir tous les états possibles de la simulation, les «points d'epfd élevée» d'epfd maximale sur la carte de la Fig. 5 se répartiraient suivant la direction horizontale pour former des raies horizontales uniformes.) On considère donc qu'il est préférable, pour une latitude donnée, de choisir la valeur maximale d'epfd pour une longitude quelconque et de l'utiliser pour toutes les longitudes. On passe ainsi d'un tableau recensant les valeurs maximales d'epfd en fonction de la latitude et de la longitude à une simple liste des valeurs maximales d'epfd en fonction de la latitude.

Ce faisant, on peut réduire la durée de la simulation à celle associée à une seule période orbitale pour le système non OSG n'ayant pas de période géosynchrone. La «carte» résultant de cette simulation limitée ne présenterait certes que quelques «points d'epfd élevée» mais, à une latitude donnée, la valeur en ces points (c'est-à-dire la valeur maximale d'epfd quelle que soit la longitude considérée) serait constante.

En outre, la quantité de données à présenter à la réunion de consultation s'en trouverait considérablement réduite.

FIGURE 5

Exemple de distribution mondiale de la valeur maximale d'epfd

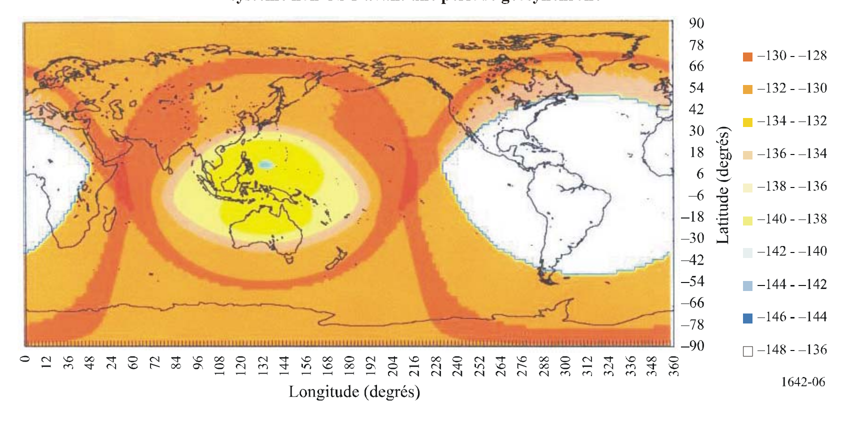


En revanche, les systèmes non OSG ayant une période géosynchrone produisent des traces au sol qui sont confinées à une gamme de longitudes limitée à la surface de la Terre. De ce fait, les «points d'epfd élevée» d'epfd maximale apparaîtront uniquement dans une zone limitée à la surface de la Terre. (En d'autres termes, les «points d'epfd élevée» d'epfd maximale à la surface de la Terre ne se répartiront pas dans la direction horizontale.) Par conséquent, la valeur d'epfd cumulative, causée par les systèmes non OSG ayant une période géosynchrone, sera calculée pour les points de latitude et de longitude à l'intérieur de la gamme visible depuis le système non OSG.

Dans le cas d'un système non OSG ayant une période géosynchrone, on peut effectuer le calcul avec une seule période orbitale. Les résultats types d'un calcul d'epfd applicable à un système non OSG ayant une période géosynchrone sont représentés sur la Fig. 6.

FIGURE 6

Exemple de distribution mondiale de la valeur maximale d'epfd pour un système non OSG avant une période géosynchrone



Appendice 2 à l'Annexe 1

Méthode analytique d'évaluation de la valeur maximale d'epfd pour un seul système du SRNS exploité dans la bande 1 164-1 215 MHz

1 Introduction

L'objet de cette méthode est de permettre d'évaluer la valeur maximale d'epfd dans le cas d'un seul système du SRNS.

La définition de la puissance epfd est donnée dans le § 1.1 de l'Annexe 1.

2 Description de la méthode

Si l'on suppose qu'une constellation non OSG de systèmes du SRNS comprend un certain nombre de plans orbitaux, il est alors très probable que, dans un plan orbital donné, au maximum un satellite se trouve dans le champ de visibilité défini par l'intervalle –3,54° à +3° de l'angle d'élévation du diagramme d'antenne de la station du SRNA (voir l'Annexe 2). En outre, dans le cas des systèmes non OSG, il est probable que, lorsqu'un satellite est visible depuis une station spatiale du SRNA dans la partie du diagramme d'antenne correspondant au gain maximal, les valeurs d'epfd produites par les autres satellites de ce plan sont relativement faibles. Par conséquent, le nombre de satellites qui ne contribuent que faiblement à la valeur d'epfd cumulative d'un système du SRNS sera vraisemblablement inférieur ou égal au nombre de plans orbitaux du système. Ces hypothèses étant posées, la valeur maximale d'epfd ($epfd_{max}$) produite par la constellation non OSG du SRNS est donnée par:

$$epfd_{max} = 10 \log N_p + epfd_{i,\,max} \qquad \text{dB(W/(m}^2 \cdot \text{MHz))}$$

où:

N_p: nombre maximal de satellites dans le faisceau principal de l'antenne de réception du SRNA (en général, nombre de plans orbitaux de la constellation)

$epfd_{i,max}$: valeur maximale d'epfd produite par un seul satellite (dB(W/(m^2 · MHz))).

3 Exemples de constellations non OSG

Si la valeur maximale d'epfd produite par un seul satellite est de −136,9 dB(W/(m^2 · MHz)) dans le cas d'une constellation non OSG du SRNS comprenant six plans, la valeur d'$epfd_{max}$ obtenue à l'aide de l'équation du § 2 est égale à:

$$epfd_{max} = (-136{,}9) + 10 \log 6 = -129{,}12 \qquad \text{dB(W/(m}^2 \cdot \text{MHz))}$$

Si la valeur maximale d'epfd produite par un seul satellite est de −130,24 dB(W/(m^2 · MHz)) dans le cas d'une constellation non OSG du SRNS (voir l'équation § 2) comprenant trois plans, un calcul similaire conduit à une valeur maximale d'epfd égale à –125,47 dB(W/(m^2 · MHz)).

Ces valeurs sont très proches de celles obtenues en appliquant la méthode de simulation de l'Appendice 1 à l'Annexe 1, dont elles ne diffèrent que de 1,2 dB.

Annexe 2

Caractéristiques d'antenne de référence d'une station du SRNA à utiliser pour les calculs d'epfd

1 Caractéristiques d'antenne d'une station du SRNA

Le Tableau 1 suivant contient les valeurs de gain d'antenne pour des angles d'élévation compris entre –90º et 90º. Pour des valeurs entre ces angles, on procédera à une interpolation linéaire. La valeur $G_{r,max}$ est de 3,4 dBi conformément aux spécifications de la Recommandation UIT-R M.1639, compte tenu des 2 dB dus à la désadaptation de polarisation circulaire/linéaire. On suppose que le diagramme de gain en fonction de l'angle d'élévation ne dépend pas de l'angle d'azimut.

TABLEAU 1

Angle d'élévation (degrés)	**Gain d'antenne, compte tenu de la désadaptation de polarisation circulaire-rectiligne $G_r/G_{r, max}$ (dB)**	**Angle d'élévation (degrés)**	**Gain d'antenne, compte tenu de la désadaptation de polarisation circulaire-rectiligne $G_r/G_{r, max}$ (dB)**	**Angle d'élévation (degrés)**	**Gain d'antenne, compte tenu de la désadaptation de polarisation circulaire-rectiligne $G_r/G_{r, max}$ (dB)**
–90	–17,22	22	–10,72	57	–15,28
–80	–14,04	23	–10,81	58	–15,49
–70	–10,51	24	–10,90	59	–15,67
–60	–8,84	25	–10,98	60	–15,82
–50	–5,40	26	–11,06	61	–16,29
–40	–3,13	27	–11,14	62	–16,74
–30	–0,57	28	–11,22	63	–17,19
–20	–1,08	29	–11,29	64	–17,63
–10	0,00	30	–11,36	65	–18,06
–5	–1,21	31	–11,45	66	–18,48
–3	–1,71	32	–11,53	67	–18,89
–2	–1,95	33	–11,60	68	–19,29
–1	–2,19	34	–11,66	69	–19,69
0	–2,43	35	–11,71	70	–20,08
1	–2,85	36	–11,75	71	–20,55
2	–3,26	37	–11,78	72	–20,99
3	–3,66	38	–11,79	73	–21,41
4	–4,18	39	–11,80	74	–21,80
5	–4,69	40	–11,79	75	–22,15
6	–5,20	41	–12,01	76	–22,48
7	–5,71	42	–12,21	77	–22,78
8	–6,21	43	–12,39	78	–23,06
9	–6,72	44	–12,55	79	–23,30
10	–7,22	45	–12,70	80	–23,53
11	–7,58	46	–12,83	81	–23,44
12	–7,94	47	–12,95	82	–23,35
13	–8,29	48	–13,05	83	–23,24
14	–8,63	49	–13,14	84	–23,13
15	–8,97	50	–13,21	85	–23,01
16	–9,29	51	–13,56	86	–22,88
17	–9,61	52	–13,90	87	–22,73
18	–9,93	53	–14,22	88	–22,57
19	–10,23	54	–14,51	89	–22,40
20	–10,52	55	–14,79	90	–22,21
21	–10,62	56	–15,05		

2 Emplacement de la station du SRNA

L'altitude qu'il convient de choisir pour la station du SRNA correspond à celle du cas le plus défavorable (40 000 pieds, soit 12 192 m), c'est-à-dire le cas pour lequel la probabilité que des satellites potentiellement brouilleurs se trouvent dans le champ de visibilité de l'antenne de réception de la station du SRNA est la plus grande.

____

RECOMMANDATION UIT-R M.1643*

Spécifications techniques et opérationnelles des stations terriennes d'aéronef du service mobile aéronautique par satellite y compris celles utilisant des répéteurs des réseaux du service fixe par satellite dans la bande 14-14,5 GHz (Terre vers espace)

(2003)

Résumé

La présente Recommandation spécifie les caractéristiques techniques et opérationnelles des stations terriennes d'aéronef (STA) du service mobile aéronautique par satellite (SMAS) y compris celles utilisant des répéteurs des réseaux du SFS dans la bande 14-14,5 GHz (Terre vers espace). Les administrations devraient utiliser ces spécifications comme orientation technique afin d'établir les prescriptions de conformité des STA et de faciliter l'octroi de licences à ces stations en vue de leur utilisation à l'échelle mondiale.

L'Assemblée des radiocommunications de l'UIT,

considérant

a) que divers réseaux du service mobile aéronautique par satellite (SMAS) techniquement et opérationnellement différents sont appelés à entrer en fonction dans un proche avenir;

b) que ces réseaux en projet du SMAS peuvent donner accès à de nombreuses applications de communication à large bande (Internet, e-mail, réseaux internes d'entreprise) vers et depuis des aéronefs, à l'échelle mondiale;

c) que les stations terriennes d'aéronef (STA) fonctionneront mondialement sur les lignes aériennes nationales et internationales;

d) que la circulation des stations terriennes d'aéronefs (STA) est généralement soumise à certaines règles et réglementations nationales et internationales, notamment la conformité à une norme technique et à des spécifications opérationnelles communes;

e) qu'il est nécessaire de définir les spécifications techniques et opérationnelles applicables aux essais de conformité des STA;

---

* NOTE – La Délégation Arabe représentée à l'AR-03 émet une réserve quant au contenu de la présente Recommandation et n'est pas disposée à accepter une quelconque répercussion par rapport au point 1.11 de l'ordre du jour de la CMR-03.

f) que l'identification des spécifications techniques et opérationnelles applicables aux STA constituerait une base technique commune qui faciliterait les essais de conformité de ces stations par de nombreuses organisations nationales et internationales et l'élaboration de dispositions de reconnaissance mutuelle pour la conformité des STA;

g) que les spécifications techniques et opérationnelles permettent d'atteindre un équilibre satisfaisant entre la complexité des équipements radioélectriques et la nécessité d'utiliser efficacement le spectre de radiofréquence,

considérant en outre

a) que la bande de fréquences 14-14,5 GHz contient des attributions au SFS (Terre vers espace), au service de radionavigation et aux services fixe et mobile (sauf le service mobile aéronautique) à titre primaire; que les services secondaires attribués dans la bande 14-14,5 GHz ou dans des parties de celle-ci sont notamment le service mobile par satellite (Terre vers espace) (sauf le SMAS), le service de recherche spatiale, le service de radioastronomie (SRA) et le service de radionavigation par satellite;

b) qu'il est nécessaire de protéger complètement tous les services primaires et tous les systèmes des services secondaires en place dans la bande 14-14,5 GHz;

c) que les résultats des études effectuées en application de la Résolution 216 (Rév.CMR-2000) ont fait apparaître la faisabilité de l'utilisation de la bande 14-14,5 GHz par les réseaux du SMAS (Terre vers espace) à titre secondaire, sous réserve de certaines conditions et dispositions[1];

d) que l'identification par l'UIT-R des spécifications techniques et opérationnelles des STA fonctionnant dans la bande 14-14,5 GHz pourrait aider les administrations à prévenir les brouillages préjudiciables et/ou inacceptables causés à d'autres services;

e) qu'il conviendrait de pouvoir mesurer et contrôler ces spécifications techniques et opérationnelles de manière précise et continue,

recommande

1 aux administrations d'utiliser les spécifications techniques et opérationnelles[1] des stations terriennes d'aéronef des réseaux du SMAS fonctionnant dans la bande 14-14,5 GHz données dans les Annexes 1 et 2 comme orientation pour:

– établir les prescriptions de conformité applicables aux STA;

– faciliter l'exploitation des STA.

---

[1] Les caractéristiques des stations terriennes d'aéronefs types doivent être conformes aux spécifications décrites dans la présente Recommandation et doivent en outre être compatibles avec celles qui ont été publiées initialement dans la Circulaire internationale d'information sur les fréquences (BR IFIC) pour le réseau du SFS correspondant. Si ces caractéristiques ne sont pas compatibles avec celles qui figurent dans la publication initiale, la coordination de la station terrienne d'aéronef concernée doit être effectuée conformément aux dispositions en vigueur du Règlement des radiocommunications (RR) ou à la Règle de procédure modifiée figurant dans le § 2 de la Règle de procédure relative au numéro 11.32 du RR, selon le cas.

Annexe 1

Spécifications techniques et opérationnelles applicables aux STA des réseaux du SMAS dans la bande 14-14,5 GHz (Terre vers espace)

Partie A

Spécifications majeures se rapportant à la protection des réseaux du SFS

1 Il convient de coordonner et d'exploiter les réseaux du SMAS de manière telle que les niveaux de p.i.r.e. globale en dehors de l'axe produits par l'ensemble des STA fonctionnant à la même fréquence dans des réseaux du SMAS ne soient pas supérieurs aux niveaux de brouillage qui ont été publiés et qui ont fait l'objet d'une coordination pour une ou plusieurs stations terriennes spécifiques et/ou types de réseaux du SFS utilisant des répéteurs du SFS.

2 Il convient que la conception, la coordination et l'exploitation d'une STA tiennent compte, pour le moins, des facteurs suivants qui pourraient faire varier les niveaux de p.i.r.e. globale hors de l'axe produits par les STA:

2.1 l'erreur de pointage de l'antenne des STA. Quand c'est le cas, ce facteur englobe pour le moins les effets causés par la polarisation et le retard du système de pointage, l'erreur du système de poursuite en boucle fermée, le défaut d'alignement entre les ouvertures à l'émission et à la réception des systèmes utilisant des ouvertures distinctes, ainsi que le défaut d'alignement entre les alimentations d'émission et de réception des systèmes utilisant des ouvertures combinées;

2.2 les variations du diagramme d'antenne des STA. Quand c'est le cas, ce facteur englobe pour le moins les effets causés par les tolérances de fabrication, le vieillissement de l'antenne et les effets environnementaux. Les réseaux du SMAS utilisant certains types d'antenne de STA, les antennes réseaux à commande de phase, par exemple, devraient tenir compte des variations du diagramme d'antenne en fonction de l'angle de balayage (en élévation et en azimut). Les réseaux utilisant des antennes réseaux à commande de phase devraient également tenir compte des erreurs de phase des éléments, de l'erreur d'amplitude et du taux de défaillance;

2.3 les variations de la p.i.r.e. à l'émission des STA. Quand c'est le cas, ce facteur englobe, pour le moins, les effets causés par les erreurs de mesure, les erreurs de contrôle et le retard des systèmes de commande de puissance en boucle fermée. Les centres de contrôle et de surveillance des réseaux (NCMC, *network control and monitoring centres*) qui calculent la p.i.r.e. des STA sur la base du signal reçu doivent tenir compte des sources d'erreur et des retards. Les centres NCMC qui calculent la p.i.r.e. des STA sur la base de la puissance d'entrée doivent aussi tenir compte des erreurs de mesure et des retards.

3 Les STA qui utilisent la poursuite en boucle fermée du signal du satellite doivent utiliser un algorithme insensible à l'accrochage et à la poursuite de signaux de satellites adjacents. Une STA doit immédiatement neutraliser l'émission lorsqu'elle constate qu'elle poursuit ou qu'elle s'apprête à poursuivre un satellite non concerné.

4 Une STA devrait être soumise à la surveillance et au contrôle d'un centre NCMC ou d'une installation équivalente. Elle doit pour le moins pouvoir recevoir les ordres «activer l'émission» et «désactiver l'émission» du centre NCMC. La STA doit automatiquement cesser d'émettre immédiatement lorsqu'elle reçoit un ordre quelconque de «changement de paramètre» susceptible

de produire un brouillage préjudiciable pendant le changement jusqu'au moment où elle reçoit l'ordre «activer l'émission» du centre NCMC. De plus, ce dernier devrait pouvoir surveiller le fonctionnement d'une STA afin de déterminer tout problème de fonctionnement.

5 La STA doit effectuer aussi une autosurveillance et, au cas où elle constaterait une anomalie susceptible de produire un brouillage préjudiciable aux réseaux du SFS qu'elle est chargée de détecter, elle doit arrêter immédiatement son émission.

Partie B

Spécifications majeures se rapportant à la protection du service fixe

Dans la bande 14-14,5 GHz telle qu'elle est utilisée par les réseaux du service fixe, en visibilité directe du territoire d'une administration où les réseaux du service fixe fonctionnent dans cette bande, la puissance surfacique produite à la surface de la Terre par les émissions d'une seule STA de réseau du SMAS ne devrait pas dépasser:

$-132 + 0,5 \cdot \theta$	$dB(W/(m^2 \cdot MHz))$	pour	$\theta \leq 40°$
-112	$dB(W/(m^2 \cdot MHz))$	pour	$40 < \theta \leq 90°$

où θ est l'angle d'incidence de l'onde radioélectrique (degrés au-dessus de l'horizon).

NOTE 1 – Les limites ci-dessus se rapportent à la puissance surfacique et aux angles d'incidence qui seraient obtenus en conditions de propagation en espace libre.

NOTE 2 – Un gabarit de p.i.r.e. peut être établi à partir du gabarit de puissance surfacique susmentionné en appliquant la méthode reproduite dans l'Annexe 2 de la présente Recommandation. On pourrait également envisager la simplification du gabarit de p.i.r.e. résultant.

Partie C

Spécifications majeures liées au partage avec le SRA

Dans le but de protéger la radioastronomie dans la bande 14,47-14,5 GHz, les stations terriennes du SMAS devraient se conformer aux mesures suivantes:

Canaux du SMAS dans la bande 14,47-14,5 GHz

– les stations du SMAS n'émettent pas dans la bande 14,47-14,5 GHz en visibilité directe des stations de radioastronomie fonctionnant dans cette bande;

ou

– si un exploitant de réseau du SMAS envisage d'émettre à la même fréquence qu'une station de radioastronomie et en visibilité directe de celle-ci, il faudra un accord spécifique avec la station en question pour s'assurer que la STA du SMAS répondra aux prescriptions des Recommandations UIT-R RA.769 et UIT-R RA.1513 dans la bande 14,47-14,5 GHz pendant ces observations. Lorsque c'est possible, ceci peut englober les informations données à l'avance aux opérateurs de réseaux du SMAS au sujet des horaires d'observation.

Canaux des réseaux du SMAS dans la bande 14-14,47 GHz

Tous les émetteurs de STA utilisant des canaux dans la bande 14-14,47 GHz en visibilité directe d'une station de radioastronomie pendant les observations de radioastronomie émettent dans la bande 14,47-14,5 GHz de telle manière qu'ils se conforment aux niveaux

et au pourcentage de perte de données indiqués dans les Recommandations UIT-R RA.769 et UIT-R RA.1513. Des études ont montré que les niveaux de puissance surfacique suivants des STA (dB(W/($m^2 \cdot$ 150 kHz))) dans la bande 14,47-14,5 GHz sont suffisants, avec une certaine marge, pour satisfaire aux niveaux de puissance surfacique pour les stations de radioastronomie donnés dans la Recommandation UIT-R RA.769 et au pourcentage de perte de données indiqué dans la Recommandation UIT-R RA.1513, à savoir:

$-190 + 0,5 \cdot \theta$	(dB(W/($m^2 \cdot$ 150 kHz)))	pour	$\theta \leq 10°$
-185	(dB(W/($m^2 \cdot$ 150 kHz)))	pour	$10° < \theta \leq 90°$

où θ est l'angle d'incidence de l'onde radioélectrique (degrés au-dessus de l'horizon).

De tels niveaux de puissance surfacique des STA dans la bande 14,47-14,5 GHz sont réalisables par les exploitants des réseaux du SMAS au moyen d'une combinaison d'éléments tels qu'une puissance réduite du signal STA, un filtrage poussé, le maintien d'une séparation des fréquences adéquate ou de meilleures performances de l'antenne de la station.

Partie D

Spécifications majeures pour le partage avec le service de recherche spatiale

Il convient d'établir entre un service SMAS et les systèmes de recherche spatiale des accords relatifs au contrôle du niveau d'émission des STA dans la bande de fréquences utilisée par les systèmes du service de recherche spatiale; niveau qui, dans les cas graves, peut nécessiter l'arrêt de l'émission de la STA sur des fréquences utilisées par le système de service de recherche spatiale quand la STA se trouve au voisinage d'une station terrienne de recherche spatiale. Les détails de ces accords pourront varier compte tenu des spécifications des sites de service de recherche spatiale individuels et des réseaux du SMAS.

Annexe 2

Calcul d'un masque de p.i.r.e. d'hémisphère inférieur à partir d'un masque de puissance surfacique

Lors de l'essai d'un équipement du SMAS visant à déterminer s'il satisfait à un masque de puissance surfacique donné, comme celui de la Partie B de l'Annexe 1, il est parfois utile de déterminer un masque de p.i.r.e. équivalent qui peut être utilisé pour les besoins des essais.

Le masque de puissance surfacique pfd(θ), où θ est l'angle d'incidence (angle d'élévation) à la surface de la Terre, peut être utilisé pour déterminer mathématiquement un masque de p.i.r.e., p.i.r.e.(γ, H), où γ est l'angle au-dessous du plan horizontal local et H l'altitude de l'aéronef. Cette conversion procède en deux étapes. En premier lieu, γ est converti en angle d'incidence équivalent, θ. La longueur du trajet de propagation pour l'angle d'incidence θ est déterminée et utilisée pour calculer l'affaiblissement géométrique sur le trajet et la p.i.r.e. résultante.

Etape 1: calcul de l'angle d'incidence θ, (degrés) à partir de γ et H:

$$\theta = \arccos((R_e + H)\cos(\gamma)/R_e)$$

où:

θ: angle d'incidence

R_e: rayon de la Terre (6 378 km)

H: altitude de l'aéronef (km)

γ: angle au-dessous de l'horizon.

NOTE 1 – Si l'argument de la fonction arccos est supérieur à 1, le trajet de propagation dans la direction de l'angle γ n'a pas d'intersection avec la Terre. Dans ce cas, qui se produit pour des valeurs de γ d'environ 3,5° ou moins, il n'existe pas de valeur θ, et il n'y a donc pas de valeur définie pour le masque de puissance surfacique.

Etape 2: calcul de la valeur de p.i.r.e. à partir de la puissance surfacique (θ):

$$d = (R_e^2 + (R_e + H)^2 - 2\, R_e (R_e + H) \cos(\gamma - \theta))^{1/2}$$

$$\text{p.i.r.e.}(\gamma, H) = \text{pfd}(\theta) + 10 \log_{10}(4\,\pi\, d^2) + 60$$

où:

d: distance entre la STA et le point considéré à la surface de la Terre (km)

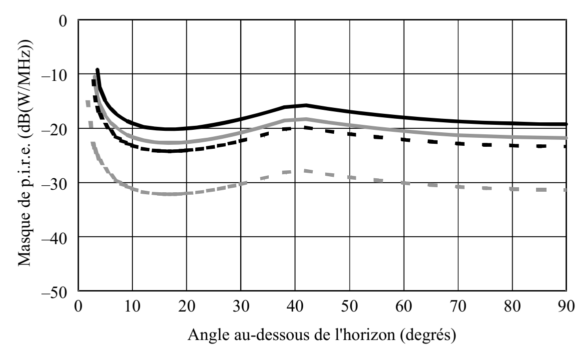
pfd(θ) : (dB(W/(m^2 · MHz)))

p.i.r.e. : (dB(W/MHz)).

Les courbes de la Fig. 1 présentent cette fonction pour diverses altitudes de l'aéronef sur la base du masque de puissance surfacique donné dans l'Annexe 1, Partie B de la présente Recommandation.

FIGURE 1

Gabarit de p.i.r.e. calculé à partir du gabarit masque de puissance surfacique





RECOMMANDATION UIT-R M.1652-1

Utilisation de la sélection dynamique des fréquences* dans les systèmes d'accès hertzien, y compris les réseaux locaux hertziens, aux fins de protection du service de radiorepérage dans la bande des 5 GHz

(Question UIT-R 212/5)

(2003-2011)

Champ d'application

La présente Recommandation donne les caractéristiques de la sélection dynamique des fréquences (DFS) comme technique de réduction des brouillages à utiliser dans les systèmes d'accès hertzien (WAS, *wireless access systems*), y compris les réseaux locaux hertziens (RLAN, *radio local area networks*), afin de faciliter le partage avec le service de radiorepérage dans la bande des 5 GHz. On trouvera dans l'Annexe 1 les caractéristiques de détection, d'exploitation et de réponse. Les autres Annexes traitent des méthodes et fournissent des renseignements que les administrations pourront utiliser lorsqu'elles effectuent des études de partage entre les radars et les systèmes WAS, y compris les réseaux RLAN.

L'Assemblée des radiocommunications de l'UIT,

considérant

a) que l'attribution de fréquences harmonisées dans les bandes 5 150-5 350 MHz et 5 470-5 725 MHz pour le service mobile faciliterait la mise en œuvre des systèmes d'accès hertzien (WAS), y compris des réseaux locaux hertziens (RLAN);

b) qu'il est nécessaire de protéger les radars du service de radiorepérage exploités dans les bandes 5 250-5 350 MHz et 5 470-5 725 MHz;

c) que dans de nombreuses administrations, les radars de météorologie au sol sont déployés à grande échelle et fournissent des services météorologiques essentiels;

d) que les procédures et les méthodes d'analyse permettant d'analyser la compatibilité entre des radars et des systèmes d'autres services sont exposées dans la Recommandation UIT-R M.1461;

e) que les caractéristiques techniques et opérationnelles représentatives des radars de radiolocalisation, de radionavigation et de météorologie, y compris des radars de radionavigation maritimes, en particulier dans la bande 5 470-5 650 MHz, sont exposées dans la Recommandation UIT-R M.1638;

f) que les systèmes WAS, y compris les réseaux RLAN décrits dans la Recommandation UIT-R M.1450, peuvent être exploités tant à l'intérieur qu'à l'extérieur d'installations;

g) le Rapport UIT-R M.2034 qui traite de l'incidence de certains impératifs de détection de la sélection dynamique des fréquences sur la qualité de fonctionnement des systèmes WAS,

* La sélection dynamique des fréquences (DFS, *dynamic frequency selection*) est une expression générale utilisée dans la présente Recommandation pour décrire des techniques de réduction de brouillages qui permettent, entre autres, de détecter et d'éviter les brouillages cocanals subis par des systèmes radars.

reconnaissant

a) que la bande 5 250-5 350 MHz est attribuée au service de radiolocalisation à titre primaire, mais également au service d'exploration de la Terre par satellite (SETS) (actif), aussi à titre primaire;

b) que la bande 5 470-5 650 MHz est attribuée au service de radionavigation maritime à titre primaire;

c) que la bande 5 350-5 650 MHz est attribuée au service de radiolocalisation à titre secondaire;

d) que les radars au sol utilisés dans la bande 5 600-5 650 MHz pour les besoins de la météorologie sont autorisés à fonctionner sur une base d'égalité avec les stations du service de radionavigation maritime;

e) que la bande 5 650-5 725 MHz est attribuée au service de radiolocalisation à titre primaire;

f) que les administrations peuvent tenir compte d'informations détaillées concernant le déploiement effectif des radars lorsqu'elles élaborent des directives sur l'utilisation de la sélection DFS dans les systèmes WAS en concertation avec les administrations potentiellement affectées,

notant

a) que le niveau de puissance RF élevé et la sensibilité de réception des radars du service de radiorepérage, conjugués à la forte densité prévue des systèmes WAS, y compris les réseaux RLAN, ne devraient en général pas permettre d'exploiter des systèmes WAS, y compris des réseaux RLAN, et des radars dans un même canal en l'absence de techniques de réduction des brouillages;

b) que des systèmes WAS, y compris des réseaux RLAN, pourraient être déployés dans ces bandes en tant que dispositifs exemptés d'obligation de licence, ce qui rendrait plus difficile d'en contrôler la densité de déploiement;

c) qu'il existe diverses normes pour les spécifications des réseaux RLAN;

d) que les administrations peuvent prendre en considération des procédures pour confirmer l'aptitude des mécanismes d'évitement des brouillages à fonctionner correctement en présence des systèmes radars déployés dans cette même bande,

recommande

1 que, pour faciliter l'utilisation en partage avec des radars, les techniques de réduction des brouillages décrites dans l'Annexe 1 soient mises en œuvre par les systèmes WAS, y compris les réseaux RLAN, dans les bandes des 5 GHz utilisées par les radars;

2 que les techniques de réduction des brouillages satisfassent aux prescriptions de détection, d'exploitation et de réponse visées au § 2 de l'Annexe 1;

3 que les méthodes indiquées dans les Annexes 4, 5, 6 et 7 soient utilisées par les administrations lorsqu'elles effectuent des études de partage entre des radars et des systèmes WAS, y compris les réseaux RLAN.

NOTE 1 – Des informations complémentaires sur les résultats d'études relatives aux prescriptions visées au point 2 du *recommande* sont données dans le Rapport UIT-R M.2115, qui renseigne sur les procédures suivies par plusieurs administrations ou groupes régionaux pour procéder à des tests de conformité aux prescriptions de la sélection DFS.

Annexe 1

Utilisation de la DFS dans les systèmes WAS, y compris les RLAN, aux fins de la protection du service de radiorepérage dans la bande des 5 GHz

1 Introduction

1.1 DFS

Dans le contexte des études sur la faisabilité du partage entre le service mobile pour les systèmes WAS[1] et le service de radiorepérage dans les bandes de fréquences 5 250-5 350 MHz et 5 470-5 725 MHz, des calculs du bilan de liaison ont montré qu'il était nécessaire d'utiliser des techniques de réduction des brouillages pour permettre le partage entre les systèmes WAS et d'autres services tels que les systèmes radars. La présente Annexe décrit les techniques de réduction des brouillages associées à la sélection DFS[2] telles qu'elles ont été définies dans les normes des réseaux RLAN fonctionnant dans la bande des 5 GHz, les calculs liés à la qualité de fonctionnement étant fondés sur des mises en œuvre types.

Des brouillages se produiront entre des systèmes WAS et des radars fonctionnant dans la bande des 5 GHz lorsque ces dispositifs seront exploités aux mêmes fréquences et qu'ils seront à portée les uns des autres.

La technique de sélection DFS a été envisagée afin:

– de garantir un étalement de la charge sur tout le spectre disponible du système WAS visible depuis un satellite de façon à réduire les émissions cumulées produites par ce système au niveau des satellites du SFS (liaisons de connexion) ou du SETS (actif);
– d'éviter une exploitation cocanale avec d'autres systèmes, notamment avec des systèmes radars.

L'extension de l'utilisation de la sélection DFS décrite ci-après permet d'éviter qu'un système WAS brouille le service de radiorepérage. Le principe général appliqué est qu'un système WAS détecte les brouillages, identifie les radars brouilleurs et n'utilise pas les fréquences de ces radars.

1.2 But de l'utilisation de la sélection DFS par rapport à des radars

L'utilisation de la sélection DFS dans les systèmes WAS vise à fournir une protection appropriée aux radars dans la bande des 5 GHz. Pour ce faire, on évite d'utiliser ou on libère un canal dont on sait qu'il est occupé par un équipement radar, grâce à la détection des signaux qu'il émet.

Aux fins de la présente Annexe, on trouvera dans l'Annexe 3 un examen des systèmes de radiorepérage fonctionnant dans la gamme des 5 GHz qui ont été utilisés pour déterminer les caractéristiques de la sélection DFS.

---

[1] Tout au long de la présente Recommandation, les termes «systèmes WAS» désignent les «systèmes d'accès hertzien, y compris les réseaux RLAN».

[2] La fonction de sélection DFS a été spécifiée initialement dans les normes des réseaux RLAN fonctionnant dans la bande des 5 GHz afin de réduire les brouillages entre groupes de réseaux RLAN non coordonnés et pour optimiser l'efficacité spectrale pour la transmission de données à haut débit et à forte capacité.

La mise en œuvre des mécanismes de détection radar et des procédures utilisés par les systèmes WAS n'entre pas dans le cadre de la présente Annexe et ce pour les principales raisons suivantes:

– la conception des systèmes WAS a une incidence sur cette mise en œuvre;
– l'expérience qui sera acquise pourra conduire à élaborer des mécanismes et des procédures innovantes et plus efficaces que ceux que l'on est capable de formuler aujourd'hui;
– des fabricants différents peuvent faire des choix de mise en œuvre différents pour parvenir aux coûts les plus bas pour un niveau de qualité de fonctionnement donné; par conséquent, seuls des critères de qualité de fonctionnement, et non des spécifications associées à un mécanisme particulier, devraient être indiqués dans des documents de réglementation.

2 Spécifications liées à la qualité de fonctionnement de la fonction de sélection DFS

La qualité de fonctionnement de la fonction de sélection DFS est spécifiée en termes de réponse à la détection d'un signal brouilleur.

Un système WAS fonctionnant dans la bande des 5 GHz doit satisfaire aux spécifications de détection et de réponse exposées ci-après.

Des procédures permettant de vérifier le respect des spécifications devraient être incluses dans les normes industrielles appropriées des réseaux RLAN.

2.1 Spécifications liées à la détection

Le mécanisme de sélection DFS devrait pouvoir détecter des signaux brouilleurs dont la valeur moyenne calculée sur 1 µs est supérieure à un seuil de détection DFS minimal de –62 dBm pour les dispositifs dont la valeur maximale de p.i.r.e. est inférieure à 200 mW, et de –64 dBm pour les dispositifs dont la valeur maximale de p.i.r.e. est comprise entre 200 mW et 1 W[3].

Ce seuil est défini comme étant l'intensité du signal reçu (dBm) et normalisée par rapport aux bornes d'une antenne de réception à 0 dBi, qui doit être détectée dans la largeur de bande du canal exploité par le système WAS.

2.2 Spécifications opérationnelles

Le système WAS devrait pouvoir procéder à une vérification de disponibilité du canal, au cours de laquelle il écoute un canal radioélectrique donné pendant 60 s pour déterminer si un radar y est exploité.

Le système WAS devrait pouvoir procéder à une surveillance en cours de service, c'est-à-dire surveiller le canal exploité pour vérifier qu'un radar cocanal n'a pas été déplacé ou n'a pas commencé à être exploité dans sa propre zone de portée. Au cours d'une surveillance en cours de service, la fonction de détection radar recherche continuellement des signaux radars entre les émissions normales du système WAS, ce qui nécessite d'utiliser des intervalles de silence entre les émissions successives du système WAS (voir l'Annexe 4).

S'il n'a pas été exploité précédemment ou s'il n'a pas surveillé de façon continue un canal par le biais de la fonction de surveillance en cours de service, le système WAS ne devrait pas commencer à émettre dans un canal avant que la procédure de vérification de disponibilité de canal n'ait été menée à bien.

[3] Dans la pratique, il peut ne pas être nécessaire de doter chaque dispositif de l'ensemble des fonctions de DFS, mais il faut alors que ces dispositifs soient seulement capables d'émettre sous le contrôle d'un dispositif qui garantit que toutes les spécifications de la DFS sont respectées.

2.3 Spécifications liées à la réponse

Un canal dans lequel on a détecté la présence d'un signal radar, grâce à la fonction de vérification de disponibilité de canal ou à celle de surveillance en cours de service, est soumis à une période de 30 min (période de non-occupation) au cours de laquelle il ne peut pas être utilisé par le dispositif WAS, afin de protéger les radars à balayage. Cette période devrait débuter au moment où est détecté le signal radar.

En outre, dans la bande 5 600-5 650 MHz, si on a détecté dans un canal la présence d'un signal radar, on procédera à une période de surveillance continue de 10 min avant de pouvoir utiliser le canal. A défaut, on devra recourir à d'autres méthodes appropriées telles que l'exclusion de canal.

Le temps de changement de canal est la durée de 10 s nécessaire pour qu'un système WAS cesse toutes ses émissions sur le canal exploité après détection d'un signal brouilleur dont l'intensité est supérieure au seuil de détection DFS. Les émissions pendant cette période seront celles du trafic normal pendant généralement moins de 100 ms mais pendant au plus 200 ms après détection du signal radar. En outre, des signaux de gestion et de commande intermittents peuvent être émis au cours du temps restant afin de faciliter la libération du canal exploité. La durée cumulée de ces signaux est généralement inférieure à 20 ms.

2.4 Résumé des spécifications

Le Tableau 1 résume les spécifications susmentionnées. On trouvera un exemple des procédures opérationnelles dans l'Annexe 2.

TABLEAU 1

Paramètre	Valeur
Seuil de détection DFS	–62 dBm pour les dispositifs dont la p.i.r.e. maximale est inférieure à 200 mW et –64 dBm pour les dispositifs dont la p.i.r.e. maximale est comprise entre 200 mW et 1 W (valeur moyenne calculée sur 1 μs)
Durée de vérification de disponibilité du canal	60 s
Période de non-occupation	30 min
Durée de changement de canal	≤ 10 s

Annexe 2

Détection radar et exemple de procédures de sélection DFS associées

On trouvera dans la présente Annexe un exemple de description d'un mécanisme de sélection DFS.

1 Définitions

Les définitions suivantes s'appliquent dans la présente Annexe:

Canal disponible: canal radioélectrique sur lequel une fonction de vérification de disponibilité du canal n'a pas déterminé la présence d'un signal radar.

Signal radar reçu: signal présentant les caractéristiques suivantes:

– intensité du signal radar reçu égale ou supérieure au seuil de détection DFS, T_{DFS} (dBm), dans la largeur de bande du canal du système WAS;
– taux de répétition des impulsions compris entre 200 et 4 000 impulsions/s;
– largeurs des impulsions nominales comprises entre 1 et 20 μs.

Canal exploité: dès qu'un système WAS commence à émettre dans un canal disponible, celui-ci devient le canal exploité.

2 Procédures

2.1 Recherche d'un canal disponible

Avant d'émettre, et si aucun canal disponible n'a encore été identifié, le système WAS doit lancer une procédure de vérification de disponibilité sur un canal radioélectrique avant de l'utiliser pour ses émissions. Par conséquent, lorsqu'un réseau est installé et mis en route pour la première fois, une ou plusieurs procédures de vérification de disponibilité d'un canal devraient être lancées pour identifier au moins un canal disponible. Après quoi, l'exploitation du système WAS peut démarrer sur ce canal; la vérification d'autres canaux radioélectriques pour identifier d'autres canaux disponibles est facultative.

2.2 Début de l'exploitation

Dès lors qu'un système WAS commence à être exploité sur un canal disponible, celui-ci devient le canal exploité.

2.3 Surveillance du canal exploité

La surveillance en cours de service est effectuée par le système WAS afin de vérifier à nouveau si aucun signal radar n'est détecté sur le canal exploité à la suite de l'intrusion éventuelle d'un radar dans la zone couverte par le système WAS ou du déclenchement de l'émission d'un signal radar sur le canal exploité.

3 Considérations liées à la mise en œuvre

3.1 Détection du signal radar

Des signaux radars peuvent être émis à tout moment et en présence de signaux WAS dans le même canal.

Lors de la phase de recherche d'un canal disponible, le système WAS n'est pas opérationnel, ce qui garantit une détection rapide et fiable d'éventuels signaux radars, sauf peut-être de ceux émis par des radars à rotation très lente, qui seront néanmoins détectés par la surveillance en cours de service.

Au cours de cette dernière procédure, la fonction de détection radar recherche sans interruption des structures de signaux radar – au cours ou entre les émissions WAS normales. La faiblesse de certains signaux radar reçus peut accroître le temps nécessaire à la détection. Ces considérations sont reflétées dans l'énoncé des spécifications de l'Annexe 1.

3.1.1 Détection des radars à saut de fréquence

Les radars à saut de fréquence sont exploités sur une large gamme de fréquences, grâce au changement rapide de leur fréquence d'exploitation.

Le temps dont a besoin un système WAS pour une détection fiable varie en fonction des caractéristiques de l'impulsion radar. Dans le cas d'un radar à saut de fréquence, son temps d'occupation du canal WAS (temps d'illumination) a lui aussi une incidence sur la probabilité de détection.

L'alternative sera la suivante:

– si le temps d'illumination est suffisamment long, le mécanisme de sélection DFS détectera le signal radar (voir l'Annexe 4) et le système WAS cessera d'émettre sur le canal utilisé;

– si le temps d'illumination est très court, la probabilité de détection du radar par un système WAS sur le canal exploité risque de se réduire, suivant le nombre d'impulsions émises dans l'intervalle.

3.1.2 Seuil et gain d'antenne

Le seuil de détection est exprimé en dBm après normalisation par rapport aux bornes d'une antenne de réception à 0 dBi. Si le système WAS utilise des gains d'antenne plus élevés, le niveau du seuil T_{DFS} devrait être augmenté d'une valeur égale au gain d'antenne.

3.1.3 Rayonnements non essentiels

Un complément d'étude est nécessaire pour déterminer l'incidence de l'interaction entre un système WAS et les rayonnements non essentiels de radars.

3.2 Durée du changement de canal

Dès détection d'un signal de valeur supérieure au seuil de détection, les procédures de sélection DFS imposent à la diffusion des commandes de cesser toute émission opérationnelle et de basculer sur le canal disponible ou sur l'un des canaux disponibles identifiés par la fonction de vérification de disponibilité. Cette diffusion sera répétée un certain nombre de fois pour garantir la réception des commandes par tous les dispositifs du système. Certains d'entre eux peuvent en effet être en mode «sommeil», durant lequel ils sont réactivés à toutes les x centaines de millisecondes en général, cet intervalle pouvant à l'extrême atteindre 60 s. Nonobstant ce cas, la diffusion doit se répéter un certain nombre de fois pendant la durée du changement de canal pour être sûr que tous les dispositifs WAS auront bien libéré le canal.

Annexe 3

Utilisation des caractéristiques des radars des services de radiorepérage, de radionavigation maritime et météorologique

On trouvera dans la Recommandation UIT-R M.1638 les caractéristiques techniques de certains radars des services météorologique, de radiorepérage ou de radionavigation maritime, fonctionnant dans les bandes 5 250-5 350 MHz et 5 470-5 725 MHz. Cette information est utilisée pour déterminer les spécifications techniques du mécanisme de sélection DFS à mettre en œuvre dans les systèmes WAS, opération nécessaire pour permettre l'exploitation des systèmes WAS dans le service mobile dans les bandes de fréquences utilisées par les radars. Plus particulièrement, on prend en considération les radars A à S décrits dans la Recommandation UIT-R M.1638 pour la mise au point des caractéristiques de la sélection DFS.

Le Tableau 1 de la Recommandation UIT-R M.1638 indique les attributions au service de radiorepérage dans la gamme des 5 GHz:

Annexe 4

Paramètres et méthode à utiliser pour calculer la probabilité de détection des systèmes du service de radiorepérage par des systèmes WAS, y compris les dispositifs RLAN, utilisant une fonction de sélection DFS dans la bande des 5 GHz pendant la surveillance en cours de service

La méthode ci-après prend en considération la probabilité qu'un dispositif WAS fonctionnant dans la bande des 5 GHz et utilisant la sélection DFS puisse détecter pendant une surveillance en cours de service, un radar du service de radiorepérage fonctionnant dans la bande des 5 GHz.

Etape 1: On détermine la durée pendant laquelle un dispositif donné se trouve dans le faisceau principal de l'antenne radar (c'est-à-dire l'ouverture de faisceau à 3 dB/vitesse de balayage de l'antenne). Les paramètres radar à utiliser comme référence dans l'étude sont visées dans le Tableau 2. Le temps d'analyse est la durée durant laquelle le dispositif WAS se trouve dans le champ du faisceau principal du radar au cours d'un balayage, sur la base du diagramme de l'antenne radar et de sa vitesse de balayage.

TABLEAU 2

Radar	C	K	P	S
Ouverture de faisceau à 3 dB (degrés)	0,95	2,5	2,6	2
Vitesse de balayage (degrés/s)	36	Pas applicable	72	20
Durée d'analyse (ms)	26	100	36	100

Etape 2: Les radars C, K, P et S constituent les cas les plus difficiles et peuvent être utilisés pour définir le partage avec n'importe lequel des radars mentionnés dans le document sur les caractéristiques radar. Le radar K n'utilise pas de fonction de balayage à 360°.

Etape 3: Sur la base d'une distribution des dispositifs WAS selon les débits et la longueur de leurs paquets indiqués dans le Tableau 3, on crée une forme d'onde pour représenter le temps d'émission d'un dispositif WAS et des périodes d'écoute d'une durée de $(x) \cdot 9 + 50$ ms, où x est une variable entière aléatoire entre 2 et 32 (soit 31 durées discrètes possibles, uniformément distribuées).

TABLEAU 3

Pondération du temps d'émission des systèmes RLAN

Taille des paquets (octets)	**Pondération**
64	0,6
538	0,2
1 500	0,2

Débit données (Mbit/s)	**Pondération**
6	0,1
12	0,1
18	0,1
24	0,3
36	0,3
54	0,1

Pour chaque instance d'une émission par paquets d'un dispositif WAS, on crée la forme d'onde représentative en choisissant de manière aléatoire une émission par paquets, en utilisant les pondérations indiquées dans le Tableau 3, puis en calculant le temps d'émission par la formule «taille d'un paquet»/(débit/données · 8). Chaque paquet est suivi d'une période de silence qu'exige le réseau WAS pour faciliter le partage du support d'accès (c'est-à-dire le canal WAS) entre les multiples dispositifs utilisant le réseau. Cette période de silence peut être utilisée pour la surveillance en cours de service, elle est choisie comme il est indiqué ci-dessus. Un autre paquet choisi aléatoirement est alors ensuite créé de la même manière que le premier, puis vient une nouvelle période de silence. Ce processus se répète jusqu'à ce que la forme d'onde ait une durée égale au temps de présence d'un dispositif WAS dans le faisceau principal de l'antenne, comme cela a été calculé à l'Etape 1.

Etape 4: On crée une forme d'onde basée sur le taux de répétition des impulsions et la largeur de l'impulsion du radar analysé. Les valeurs à utiliser comme références sont indiquées dans le Tableau 4. La durée de la forme d'onde devrait être identique à celle qui a été calculée à l'Etape 1.

TABLEAU 4

Valeurs de référence des radars pour la détermination de la probabilité de détection

Radar	C	K	P	S
Largeur de l'impulsion (μs)	0,95	1	20	1
Répétition des impulsions (pps)	200	3 000	500	200

Etape 5: On détermine l'occurrence d'un événement de détection en établissant si les impulsions radar dans la forme d'onde radar simulée correspondent aux périodes d'écoute dans la forme d'onde du réseau WAS simulée.

Etape 6: On répète les différents moments de la simulation, on enregistre l'occurrence ou l'absence d'occurrence d'événements de détection et on utilise ces données pour calculer la probabilité de détection (c'est-à-dire le pourcentage de simulations au cours desquelles on considère que l'impulsion radar est détectée).

Etape 7: Probabilité de détection en n rotations:

p : probabilité de détection en une seule rotation

p_n : probabilité de détection en n rotations

$p_n = 1 - (1 - p)n$.

Annexe 5

Evaluation des brouillages à l'aide de calculs du bilan des liaisons faisant intervenir un seul dispositif WAS et des systèmes de radiorepérage dans la bande des 5 GHz

1 Rappel

La présente Annexe examine le cas des brouillages causés par un seul dispositif WAS. Les valeurs calculées dans la présente Annexe ont été utilisées comme valeurs de départ pour déterminer un seuil de détection associé à la modélisation des brouillages cumulatifs (voir l'Annexe 6).

2 Méthode

Les calculs présentés dans cette Annexe sont fondés sur une analyse du bilan des liaisons. C'est en effet à partir d'une analyse de ce type qu'a été déterminé le seuil en question qui doit en principe être atteint lorsque le radar est susceptible d'être brouillé par les émissions d'un seul dispositif WAS (c'est-à-dire lorsque la valeur du signal WAS au contact du récepteur radar est supérieure au niveau de brouillage acceptable par le radar). Cette considération se fonde sur l'hypothèse de trajets de propagation symétriques entre le dispositif WAS et le radar.

On considère que cette méthode basée sur l'analyse du bilan des liaisons est pertinente pour étudier les cas statiques faisant intervenir un seul dispositif WAS et un seul radar. Elle se fonde sur les Recommandations UIT-R SM.337 et UIT-R M.1461 et s'applique au cas spécifique de la sélection DFS.

3 Calculs fondés sur un bilan des liaisons pour les radars visés dans la Recommandation UIT-R M.1638

La détermination du niveau de brouillage maximal acceptable produit par les émissions d'un seul dispositif WAS au niveau du récepteur radar se fonde sur la Recommandation UIT-R M.1461, qui stipule que ce niveau devrait être inférieur $N + (I/N)$, N étant le niveau de bruit inhérent au récepteur radar et I/N le rapport brouillage sur bruit (pour lequel on prend la valeur –6 dB, conformément aux Recommandations UIT-R M.1461 et UIT-R M.1638).

Le tableau des calculs est donné dans l'Appendice 1 à la présente Annexe. Exception faite du radar J, il en ressort que, dans les conditions choisies, le seuil de détection nécessaire pour protéger les radars vis-à-vis d'un seul dispositif WAS est égal à –52 dBm.

4 Calculs fondés sur un bilan des liaisons pour de nouveaux radars

Outre les radars visés dans la Recommandation UIT-R M.1638, deux nouveaux types de radars au sol ont été récemment déployés par certaines administrations de la Région 1. Les paramètres qui ont été publiés pour effectuer les calculs du bilan des liaisons sont indiqués dans l'Appendice 2 à la présente Annexe.

Il ressort des calculs que le seuil de détection nécessaire pour garantir qu'un seul dispositif WAS de 1 W de p.i.r.e. ne cause pas de brouillage aux radars en question est égal à –62 dBm.

5 Possibilité d'un seuil de détection variable

Pour les calculs de la présente Annexe, on a retenu un seul dispositif WAS extérieur de 1 W de p.i.r.e., cas le plus défavorable d'une analyse à un seul brouilleur, même s'il a été indiqué que cette configuration ne représentera pas la majorité des dispositifs WAS qui seront déployés.

On peut par conséquent prôner l'idée d'un seuil de détection variable en fonction du niveau de p.i.r.e. du dispositif WAS considéré. Conformément à la méthode appliquée dans la présente Annexe pour des scénarios associés à un seul dispositif WAS, le seuil de détection est proportionnel au niveau de p.i.r.e. du dispositif WAS.

Conformément à la méthode utilisée dans la présente Annexe pour les scénarios relatifs à un seul dispositif WAS, la valeur du seuil de détection est proportionnelle à la p.i.r.e. du dispositif WAS.

Dans ces conditions, par exemple si un dispositif WAS de 1 W de p.i.r.e. doit détecter un radar au-dessus d'un seuil de $–N$ dBm, on peut établir à $–(N – 7)$ dBm le seuil qui correspondrait à un dispositif WAS de 200 mW de p.i.r.e..

6 Incidence de l'architecture WAS sur le seuil de détection

Dans le cas d'une architecture WAS centralisée, on peut supposer que le mécanisme de sélection DFS sera commandé par un seul dispositif spécifique à l'intérieur d'un réseau ou d'une cellule. Il peut arriver que d'importantes différences d'affaiblissement sur les trajets de propagation apparaissent entre un radar et les dispositifs d'un réseau ou d'une cellule et que l'hypothèse d'un trajet de propagation symétrique entre le radar et le dispositif de détection ne soit pas valable.

Les administrations devraient envisager de prendre des mesures pour qu'aucun des dispositifs WAS que peut comprendre un réseau ne brouille des radars.

Appendice 1
à l'Annexe 5

Calcul du seuil de détection fondé sur le bilan des liaisons pour les radars visés dans la Recommandation UIT-R M.1638

	Caractéristiques	A	C	E	F	G	H 1	H 2	I1	I1	J	K	L	M	N	O	P	Q
RADAR	Fonction	Météo-rologie	Météo-rologie	Météo-rologie	Météo-rologie	Météo-rologie	Météo-rologie	Météo-rologie	Météo-rologie	Météo-rologie	Météo-rologie	Instrumen-tation	Instrumen-tation	Instrumen-tation	Instrumen-tation	Instrumen-tation	Recherche en surface et recherche aérienne	Recherche en surface et recherche aérienne
	Type de plate-forme	Au sol/ embarquée sur un navire	Au sol	Au sol	Au sol	Au sol	Au sol	Au sol	Au sol	Au sol	Au sol	Au sol	Au sol	Au sol	Au sol	Au sol	Embarquée sur un navire	Embarquée sur un navire
	Puissance crête d'émission appliquée à l'antenne (kW)	250	250	250	250	250	250	250	250	250	2,25	250	2 800	1 200	1 000	165	360	285
	Largeur de bande à $FI_{3\,dB}$ du récepteur (MHz)	0,5	20	0,91	0,6	0,5	0,7	4	0,1	3	10	1	4,8	4	8	8	1,5	10
	Polarisation de l'antenne	V	H	H	H	H	H	H	H	H	H	V/circulaire lévogyre	V/circulaire lévogyre	V/circulaire lévogyre	V/circulaire lévogyre	V/circulaire lévogyre	H	H
	Gain du faisceau principal de l'antenne (dBi)	39	44	50	40	40	50	50	50	50	35	38,3	54	47	45,9	42	28	30
	Hauteur de l'antenne (m)	30	10	30	30	30	30	30	30	30	10							
	p.i.r.e. du radar (dBm)	123,0	128,0	134,0	124,0	124,0	134,0	134,0	134,0	134,0	98,5	122,3	148,5	137,8	135,9	124,2	113,6	114,5
	Facteur de bruit du récepteur (dB)	7	4	2,3	3	3	3,5	3,5	1,5	1,5	3	6	5	5	11	5	5	10
	$N = k\,T\,B\,F$ (dBm)	–110,0	–97,0	–112,1	–113,2	–114,0	–112,0	–104,5	–122,5	–107,7	–101,0	–108,0	–102,2	–103,0	–93,9	–99,9	–107,2	–94,0
	N – 6 dB	–116,0	–103,0	–118,1	–119,2	–120,0	–118,0	–110,5	–128,5	–113,7	–107,0	–114,0	–108,2	–109,0	–99,9	–105,9	–113,2	–100,0
WAS	p.i.r.e. (dBm) en extérieur	30																
	Régulation de la puissance d'émission (TPC) (dB)	0																
	Largeur de bande (MHz)	18																
	Gain d'antenne (équidirective) (dBi)	0																

10 log (Brad/BWAS)	–15,6	0,5	–13,0	–14,8	–15,6	–14,1	–6,5	–22,6	–7,8	–2,6	–12,6	–5,7	–6,5	–3,5	–3,5	–10,8	–2,6
	185,0	177,0	198,1	189,2	190,0	198,0	190,5	208,5	193,7	172,0	182,3	192,2	186,0	175,8	177,9	171,2	160,0
Bilan des liaisons pour un signal WAS reçu au niveau d'un récepteur radar de seuil N – 6 dB	169,4	177,0	185,1	174,4	174,4	183,9	183,9	185,9	185,9	169,4	169,7	186,4	179,4	172,3	174,4	160,4	157,4
Seuil de détection nécessaire	–46,4	–49,0	–51,1	–50,4	–50,4	–49,9	–49,9	–51,9	–51,9	–70,9	–47,4	–38,0	–41,6	–36,4	–50,2	–46,9	–42,9

Appendice 2
à l'Annexe 5

Calcul du seuil de détection fondé sur un bilan des liaisons pour les nouveaux radars déployés par certaines administrations de la Région 1

RADAR	Fonction	Recherche aérienne
	Type de plate-forme	Au sol/embarquée
	Puissance crête d'émission appliquée à l'antenne (kW)	15
	Largeur de bande à $FI_{3\ dB}$ du récepteur (MHz)	4
	Polarisation de l'antenne	V
	Gain du faisceau principal de l'antenne (dBi)	35
	Hauteur de l'antenne (m)	10
	p.i.r.e. (dBm)	106,8
	Facteur de bruit du récepteur (dB)	5
	$N = k\ T\ B\ F$ (dBm)	–103
	N – 6 dB	–109
WAS	p.i.r.e. (dBm) en extérieur	30
	TPC (dB)	0
	Largeur de bande (MHz)	18
	Gain d'antenne (équidirective) (dBi)	0

10 log (Brad/BWAS)	–6,5
Affaiblissement de propagation pour un signal WAS reçu au niveau d'un récepteur radar de seuil N – 6 dB (dB)	175,0
	168,4
Seuil de détection nécessaire (dBm)	–61,7

Il convient de noter que l'on se place ici dans l'hypothèse d'un seul dispositif WAS de 1 W de p.i.r.e., ce qui peut correspondre à la valeur de puissance la plus élevée d'une distribution statistique de p.i.r.e. associée à un déploiement de dispositifs WAS (voir par exemple le Tableau 6 de l'Annexe 6). A titre d'exemple, une valeur de p.i.r.e. plus petite (< 100 mW) conduit à accroître de 10 dB le seuil T_{DFS}.

Annexe 6

Paramètres et méthode pour étudier les brouillages cumulatifs dans le cas de systèmes WAS, y compris les réseaux RLAN, et de systèmes du service de radiorepérage dans la bande des 5 GHz

A noter qu'ont été utilisés pour définir le scénario de référence des études à mener pour déterminer les paramètres de la sélection DFS:

– La Recommandation UIT-R M.1461 pour les calculs des brouillages.
– Le diagramme d'antenne radar visé à l'Appendice 1 à la présente Annexe.
– Le diagramme d'antenne WAS visé à l'Appendice 2 à la présente Annexe.
– La probabilité de détection (voir l'Annexe 4) dans les études de partage pour déterminer les brouillages cumulatifs subis par les radars. Cette probabilité a été fixée pour chaque pas d'incrémentation.
– Un pas d'incrémentation de 1°.
– Trois anneaux concentriques pour définir la zone de déploiement des dispositifs WAS (voir le Tableau 5). Il convient d'appliquer une distribution uniforme de ces dispositifs dans chaque zone volumétrique (hauteur comprise).

TABLEAU 5

Distribution des utilisateurs de dispositifs WAS

	Zone urbaine	Zone suburbaine	Zone rurale
Rayon à partir du centre (km)	0-4	4-12	12-25
Pourcentage d'utilisateurs WAS (%)	60	30	10
Hauteur des bâtiments (m)	30	6	6

– Un total de 2 753 dispositifs WAS exploités à un moment donné dans le même canal qu'un système du service de radiorepérage.
– La distribution de puissance WAS du Tableau 6.

TABLEAU 6

Distribution de puissance des dispositifs WAS

Niveau de puissance	1 W	200 mW	100 mW	50 mW
Utilisateurs de dispositifs WAS (%)	5	25	40	30

– Les radars de poursuite ont été modélisés d'abord en choisissant un positionnement et un angle de visée initial aléatoires, puis en les pointant directement vers l'horizon opposé.
– Les radars maritimes ont été modélisés, en les pointant d'abord en direction de l'horizon de la zone rurale, puis en direction du centre de la zone urbaine.

– Les radars aéroportés ont été modélisés en les pointant d'abord en direction de l'horizon de la zone rurale, puis au-dessus du centre de la zone urbaine.
– Les études ont retenu les radars suivants:

  C, I, K, P et S, visés dans la Recommandation UIT-R M.1638.

– Pour les radars au sol, on a utilisé pour déterminer l'affaiblissement sur le trajet de propagation associé à chaque dispositif WAS, un facteur de propagation aléatoire compris entre 20 et 35 log *D* ainsi qu'un facteur aléatoire pour l'affaiblissement dû au relief et aux bâtiments compris entre 0 et 20 dB. Une distribution uniforme a été appliquée pour déterminer ces valeurs.
– Pour les radars aéroportés, un affaiblissement de propagation en espace libre de +17 dB.
– Pour les radars maritimes, un affaiblissement de propagation en espace libre compris entre 0 et 20 dB.
– Enfin, un calcul en visibilité directe pour une Terre régulière; les éventuels dispositifs WAS situé au-delà de la ligne de visibilité directe ont en effet été écartés.

Appendice 1
à l'Annexe 6

Etant donné qu'il n'existe pas actuellement à l'UIT de diagramme d'antenne radar de référence, le diagramme ci-après a été choisi comme diagramme de base. Un modèle de gain d'antenne statistique est utilisé pour déterminer le gain d'antenne radar suivant les directions d'azimut et d'élévation. Il donne le gain d'antenne en fonction de l'angle hors axe (θ) pour un gain d'antenne/de faisceau principal donné (*G*). Il comprend des algorithmes différents pour les antennes à gain très élevé, à gain élevé et à gain moyen, ce qui correspond respectivement à des gains supérieurs à 48 dBi, à des gains compris entre 22 et 48 dBi et à des gains compris entre 10 et 22 dBi. La forme générale de la distribution du gain d'antenne est illustrée sur la Fig. 1. Les équations correspondant aux angles θ_M (premier lobe latéral), θ_R (région des lobes latéraux proches) et θ_B (région des lobes latéraux éloignés) sont indiquées dans le Tableau 7. Les gains d'antenne en fonction de l'angle hors axe sont indiqués respectivement dans les Tableaux 8, 9, et 10 pour les antennes à gain très élevé, à gain élevé et à gain moyen. L'angle θ est exprimé en degrés et toutes les valeurs de gain sont exprimées en décibels par rapport à une antenne isotrope (dBi).

FIGURE 1

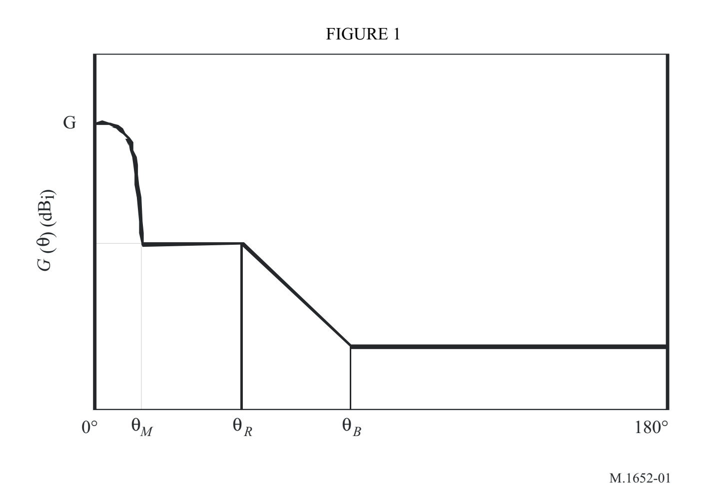


TABLEAU 7

Définitions des angles

Gain très élevé (G > 48 dBi)	**Gain élevé (22 < G < 48 dBi)**	**Gain moyen (10 < G < 22 dBi)**
$\theta_M = 50\ (0{,}25\ G + 7)^{0,5}/10^{G/20}$ $\theta_R = 27{,}466\ 10^{-0{,}3G/10}$ $\theta_B = 48$	$\theta_M = 50\ (0{,}25\ G + 7)^{0,5}/10^{G/20}$ $\theta_R = 250/10^{G/20}$ $\theta_B = 48$	$\theta_M = 50\ (0{,}25\ G + 7)^{0,5}/10^{G/20}$ $\theta_R = 250/10^{G/20}$ $\theta_B = 131{,}8257\ 10^{-G/50}$

TABLEAU 8

Equations pour les antennes à gain très élevé (G > 48 dBi)

Intervalle angulaire (degrés)	**Gain (dBi)**
0 à θ_M	$G - 4 \times 10^{-4}\ (10^{G/10})\ \theta^2$
θ_M à θ_R	$0{,}75\ G - 7$
θ_R à θ_B	$29 - 25 \log (\theta)$
θ_B à 180	-13

TABLEAU 9

Equations pour les antennes à gain élevé (22 < *G* < 48 dBi)

Intervalle angulaire (degrés)	Gain (dBi)
0 à θ_M θ_M à θ_R θ_R à θ_B θ_B à 180	$G - 4 \times 10^{-4} (10^{G/10}) \theta^2$ $0{,}75\ G - 7$ $53 - (G/2) - 25 \log(\theta)$ $11 - G/2$

TABLEAU 10

Equations pour les antennes à gain moyen (10 < *G* < 22 dBi)

Intervalle angulaire (degrés)	Gain (dBi)
0 à θ_M θ_M à θ_R θ_R à θ_B θ_B à 180	$G - 4 \times 10^{-4} (10^{G/10}) \theta^2$ $0{,}75\ G - 7$ $53 - (G/2) - 25 \log(\theta)$ 0

Appendice 2 à l'Annexe 6

Diagrammes d'antenne WAS

Le diagramme d'antenne WAS en azimut est équidirectif. Le diagramme d'antenne WAS en élévation a été déterminé après examen des diagrammes d'antenne WAS. Le diagramme utilisé est décrit dans le Tableau 11. Il convient de noter que l'utilisation d'antennes WAS directives, présentant la même p.i.r.e., pourrait entraîner des niveaux moins élevés du brouillage subi par le récepteur de radiorepérage mais pourrait conduire à des niveaux beaucoup plus élevés du brouillage subi par le récepteur WAS si un couplage faisceau à faisceau venait à se produire.

TABLEAU 11

Diagramme d'antenne WAS en élévation

Angle d'élévation, φ (degrés)	**Gain (dBi)**
$45 < \varphi \leq 90$	–4
$35 < \varphi \leq 45$	–3
$0 < \varphi \leq 35$	0
$-15 < \varphi \leq 0$	–1
$-30 < \varphi \leq -15$	–4
$-60 < \varphi \leq -30$	–6
$-90 < \varphi \leq -60$	–5

Pour rayonner une p.i.r.e. de 1 W, la plupart des dispositifs devront disposer généralement d'un gain d'antenne de 6 dBi. A ce diagramme correspond la description ci-après qui est conforme à la Recommandation UIT-R F.1336:

$$G(\theta) = \max\left[G_1(\theta), G_2(\theta)\right]$$

$$G_1(\theta) = G_0 - 12\left(\frac{\theta}{\theta_3}\right)^2$$

$$G_2(\theta) = G_0 - 12 + 10\log\left[\left(\max\left\{\frac{|\theta|}{\theta_3}, 1\right\}\right)^{-1,5} + k\right]$$

$$\theta_3 = 107,6 \times 10^{-0,1G_0}$$

où:

$G(\theta)$: gain d'antenne (dBi)

θ : angle d'élévation (degrés)

$k =$ 0,5

$G_0 =$ 6 dBi.

Annexe 7

Analyse des résultats de l'évaluation des brouillages et recommandations concernant les valeurs de seuil DFS

Un résumé des résultats des simulations effectuées à partir des méthodes présentées dans les Annexes 5 et 6 concernant premièrement, les brouillages statiques causés par un seul dispositif WAS et, deuxièmement, les brouillages cumulatifs causés par un déploiement de dispositifs WAS à un récepteur radar est présenté ci-après pour les radars concernés fonctionnant dans la bande des 5 GHz.

Le Tableau 12 donne les valeurs obtenues avec les calculs de l'Annexe 5 dans le cas de brouillages causés par un seul dispositif WAS.

TABLEAU 12

Valeurs obtenues avec les calculs de l'Annexe 5

Radar (cas de l'Annexe 5)	Analyse du bilan des liaisons (cas de l'Annexe 5)	–62 dBm pour un dispositif de 1W de p.i.r.e.
		–55 dBm pour un dispositif de 0,2 W de p.i.r.e.
		–52 dBm pour un dispositif de 0,1 W de p.i.r.e.

On trouvera dans le Tableau 13 un résumé des niveaux de seuil de protection requis obtenus à partir des calculs de modélisation des brouillages cumulatifs.

TABLEAU 13

Niveaux de seuil de protection requis

Type de radar	Scénario de simulation	Seuil DFS de protection (T_{DFS}) (Note 1)
Radars tournants A, C, E, F, G, H, I, J. Radars P et Q	Celui de l'Annexe 6	–52 dBm, assorti de considérations opérationnelles liées aux systèmes radars
Radar I	Celui de l'Annexe 6 mais avec une hauteur de l'antenne radar comprise entre 500 et 1 000 m	–62 dBm
Radar S	Celui de l'Annexe 6	Voir la Note 2
Radar K	Celui de l'Annexe 6	–67 dBm
	Celui de l'Annexe 6 mais avec une densité de dispositifs WAS réduite de moitié	–64 dBm
	Celui de l'Annexe 6 mais avec une p.i.r.e. de 50 mW pour tous les dispositifs WAS	–62 dBm

NOTE 1 – On suppose un gain d'antenne de réception normalisé à 0 dBi pour un dispositif WAS.

NOTE 2 – La situation de partage entre ce radar et les dispositifs WAS est extrêmement difficile. Les calculs initiaux fondés sur les résultats de base indiquent que le seuil de détection DFS devrait être inférieur au seuil du bruit de fond opérationnel. Après discussions, il est apparu que l'utilisation des systèmes radars en question se limitait aux seuls avions militaires. Il a été convenu de ne pas tenir compte de ce type de radar lors de la fixation d'un seuil de détection.

Notes relatives aux paramètres et aux méthodes utilisés

On peut résumer comme suit l'incidence d'une modification de paramètres ou de la méthode utilisés:

a) Une diminution de moitié de la densité des dispositifs actifs conduit à accroître T_{DFS} de 3 dB. Inversement, un doublement de la densité des dispositifs actifs conduit à diminuer T_{DFS} de 3 dB.

b) La puissance d'émission d'un seul brouilleur retenue dans les calculs du bilan des liaisons a une incidence directe dB par dB sur le seuil de protection requis. Dans le cas de l'analyse des brouillages cumulatifs, cette incidence dépend de la distribution des niveaux de puissance utilisée pour la simulation.

c) Dans la plupart des cas, la façon dont les variables interagissent dans le modèle des brouillages cumulatifs n'est pas intuitive, et des conclusions simples ne peuvent donc pas être tirées de modifications apportées à une seule variable.

____

RECOMMANDATION UIT-R M.1827

Prescriptions techniques et opérationnelles applicables aux stations du service mobile aéronautique (R) (SMA(R)) limité aux applications de surface dans les aéroports et aux stations du service mobile aéronautique (SMA) limité aux applications de sécurité aéronautique dans la bande 5 091-5 150 MHz

(2007)

Champ d'application

La présente Recommandation expose les prescriptions techniques et opérationnelles applicables aux stations du service mobile aéronautique (R) (SMA(R)) limité aux applications de surface dans les aéroports et aux stations du service mobile aéronautique (SMA) limité aux applications de sécurité aéronautique[1] dans la bande 5 091-5 150 MHz, devant être utilisées par les administrations comme lignes directrices dans la formulation des prescriptions de conformité des stations appelées à être utilisées dans le monde.

L'Assemblée des radiocommunications de l'UIT,

considérant

a) que les stations aéronautiques sont utilisées dans le monde entier, à l'échelle nationale, régionale et internationale;

b) que la circulation des stations aéronautiques est généralement régie par divers règlements et règles nationaux et internationaux, relatifs notamment à une conformité satisfaisante aux normes techniques et pratiques d'exploitation établies par l'OACI;

c) qu'il est nécessaire d'identifier les prescriptions techniques et opérationnelles relatives à la vérification de conformité des stations aéronautiques;

d) que l'identification de prescriptions techniques et opérationnelles relatives aux stations aéronautiques permettrait de disposer d'une base technique commune pour faciliter les essais de conformité des stations aéronautiques par les diverses instances nationales, régionales et internationales et l'élaboration d'accords de reconnaissance mutuelle relatifs à la conformité des stations aéronautiques;

e) que les prescriptions techniques et opérationnelles doivent refléter un compromis acceptable entre la complexité des équipements de radiocommunication et la nécessité d'utiliser le spectre des fréquences radioélectriques avec efficacité,

considérant en outre

a) qu'il est nécessaire d'assurer la protection intégrale de tous les services assurés à titre primaire dans la bande 5 091-5 150 MHz;

b) que les résultats des études menées conformément à la Résolution 414 (Rév.CMR-03) ont établi la faisabilité d'utiliser la bande 5 091-5 150 MHz dans le service SMA(R) limité aux

[1] *Terminologie*: Le système de sécurité aéronautique, qui relève du service mobile aéronautique, est un nouveau système limité aux radiocommunications sécurisées et confidentielles entre les aéronefs et le sol, destiné à des applications dans le domaine spécifique des interruptions des mouvements des aéronefs non autorisées par les autorités concernées.

applications de surface dans les aéroports et dans le SMA limité aux applications des stations aéronautiques à titre primaire dans certaines conditions;

c) que les prescriptions techniques et opérationnelles identifiées par l'UIT-R pour les stations aéronautiques fonctionnant dans la bande 5 091-5 150 MHz doivent être telles qu'aucun brouillage inacceptable ne puisse être occasionné à d'autres services;

d) que les caractéristiques techniques et opérationnelles doivent être constamment mesurables et contrôlables et avec précision,

reconnaissant

a) que la bande 5 000-5 250 MHz est attribuée au service de radionavigation aéronautique à titre primaire;

b) que la bande 5 030-5 150 MHz est destinée à être utilisée pour l'exploitation du système d'atterrissage hyperfréquence (MLS) de guidage de précision pour l'approche et l'atterrissage, et que les prescriptions relatives à ce système ont priorité sur toutes les autres utilisations de cette bande, aux termes du numéro 5.444 du Règlement des radiocommunications (RR),

recommande

1 que les prescriptions techniques et opérationnelles applicables aux stations du SMA(R) limité aux applications de surface dans les aéroports et aux stations du SMA limité aux applications de sécurité aéronautique dans la bande 5 091-5 150 MHz exposée dans les Annexes 1 et 2 soient utilisées par les administrations comme lignes directrices pour assurer la compatibilité avec le SFS[2].

Annexe 1

Principales prescriptions relatives à la compatibilité avec les réseaux du SFS dans la bande 5 091-5 150 MHz

Le Tableau 1 résume les caractéristiques des récepteurs du SFS prises comme hypothèses dans les analyses qui suivent.

TABLEAU 1

Valeurs de paramètre utilisées dans les calculs de brouillage dans le service par satellite

Paramètre	HIBLEO-4 FL
Température de bruit du récepteur du satellite, T (K)	550
Surface effective de l'antenne à 5 120 MHz (dBm^2)	–35,6
Discrimination de polarisation L_p (dB)	1
Affaiblissement dans la ligne d'alimentation L_{feed} (dB)	2,9
Largeur de bande de réception de satellite B (MHz)	1,23
Gain de l'antenne de réception du satellite G_r (dBi)	4

[2] Du fait que d'autres limites peuvent aussi être acceptables et que toutes les prescriptions essentielles ne sont pas couvertes par la présente Recommandation, un complément d'étude est nécessaire.

NOTE 1 – On suppose que les limites de puissance surfacique définies ci-après sont respectées dans des conditions de propagation en espace libre.

NOTE 2 – On peut établir un gabarit de p.i.r.e. à partir de la valeur de puissance surfacique en appliquant la méthode exposée à l'Annexe 2 de la présente Recommandation. On peut également envisager de simplifier le gabarit ainsi obtenu.

I Dans la bande 5 091-5 150 MHz, pour ne pas dépasser un rapport $\Delta T_s/T_s$ de 2% admissible pour le SMA(R) et la sécurité aéronautique, les stations du SMA(R) et les stations de sécurité aéronautique ne peuvent pas fonctionner simultanément sur une même fréquence (dans l'angle de visée d'un satellite non OSG considéré individuellement). Les modalités pratiques permettant de faire en sorte que cet impératif soit respecté doivent être définies compte tenu du fait que différentes administrations peuvent exploiter dans l'angle de visée d'un même satellite du SFS plus d'un système du SMA(R) ou du service de sécurité aéronautique.

II Prescriptions additionnelles concernant le SMA(R)

Les prescriptions exposées ci-après représentent des lignes directrices techniques que les administrations utiliseront pour établir les prescriptions de conformité applicables aux stations utilisées à l'échelle mondiale. D'autres limites pourront être acceptables, mais un complément d'étude est requis en l'occurrence.

La puissance surfacique définie dans la présente section offre l'assurance que l'augmentation de la température de bruit du satellite du SFS (soit $\Delta T_s/T_s$) résultant de l'exploitation du système du SMA(R) ne dépasse pas 2% (c'est-à-dire –17 dB). On suppose que 250[3] émetteurs du SMA(R) fonctionnent simultanément dans un même canal dans l'angle de visée du satellite du SFS.

Calcul de la limite de puissance surfacique sur la base du critère de protection du SFS ($\Delta T_s/T_s = 2\%$), avec 250 systèmes SMA(R)

Le système du SFS présentant par hypothèse les caractéristiques indiquées dans le Tableau 1, le niveau de brouillage composite maximal tolérable à l'entrée du récepteur, $I_{Agg\text{-}Rec}$, s'écrit:

$$I_{Agg-Rec} = KTB - 17\,\text{dB} = -157{,}3\,\text{dB(W/1,23 MHz)}$$

où:

K: constante de Boltzmann ($1{,}38 \times 10^{-23}$)

T: température du bruit du récepteur

B: largeur de bande du récepteur.

Ainsi, à l'entrée de l'antenne de réception du satellite, le niveau de puissance surfacique maximal produit par un émetteur SMA(R) est de:

$$\begin{aligned} pfd_{Max} &= I_{Agg-Rec} - Gr + L_{Feed} + L_P - 10\log_{10}(250) + 10\log\left(\frac{4\pi}{\lambda^2}\right) \\ &= -157{,}3 - 4 + 2{,}9 + 1 - 23{,}97 + 35{,}6 \\ &= -145{,}77\,\text{dBW/(m}^2 \times 1{,}23\,\text{MHz)} \end{aligned}$$

---

[3] Hypothèses de travail: 500 aéroports; facteur d'utilisation: 50%.

où:

Gr: gain d'antenne de réception du SFS

250: nombre maximum de stations du SMA(R) émettant simultanément dans la largeur de bande du récepteur du SFS.

III Prescriptions additionnelles concernant la sécurité aéronautique

Les prescriptions exposées ci-après représentent des lignes directrices techniques qu'utiliseront les administrations pour établir les prescriptions de conformité applicables aux stations utilisées à l'échelle mondiale. D'autres limites pourront être acceptables, mais un complément d'étude est nécessaire en l'occurrence.

La puissance surfacique définie dans la présente section doit donner l'assurance que l'augmentation de la température de bruit du satellite du SFS (soit $\Delta T_s/T_s$) résultant de l'exploitation du système de sécurité aéronautique ne dépasse pas 2% (c'est-à-dire –17 dB). On suppose que 70 émetteurs de sécurité aéronautique fonctionnent simultanément sur le même canal dans l'angle de visée du satellite du SFS.

Calcul de la limite de puissance surfacique sur la base du critère de protection du SFS ($\Delta T_s/T_s = 2\%$); 70 systèmes de sécurité aéronautique fonctionnant simultanément

Le système du SFS présentant par hypothèse les caractéristiques indiquées dans le Tableau 1, le niveau de brouillage composite maximum tolérable à l'entrée du récepteur, $I_{Agg\text{-}Rec}$, s'écrit:

$$I_{Agg-Rec} = KTB - 17\,\text{dB} = -157{,}3\,\text{dB(W/1,23 MHz)}$$

où:

K: constante de Boltzmann ($1{,}38 \times 10^{-23}$)

T: température de bruit du récepteur

B: largeur de bande du récepteur.

Ainsi, à l'entrée de l'antenne de réception du satellite, le niveau de puissance surfacique maximum produit par un émetteur de station de sécurité aéronautique s'écrit:

$$pfd_{Max} = I_{Agg-Rec} - Gr + L_{Feed} + L_P - 10\log_{10}(70) + 10\log\left(\frac{4\pi}{\lambda^2}\right)$$
$$= -157{,}3 - 4 + 2{,}9 + 1 - 18{,}45 + 35{,}6$$
$$= -140{,}25\,\text{dBW/(m}^2 \times 1{,}23\,\text{MHz)}$$

où:

Gr: gain d'antenne de réception du système SFS

70: nombre maximum de stations du service de sécurité aéronautique émettant simultanément dans la largeur de bande du récepteur du SFS.

Annexe 2

Calcul d'un gabarit de p.i.r.e. pour l'hémisphère supérieur à partir d'une limite de puissance surfacique

Dans les essais d'équipements du SMA(R) ou du système de sécurité aéronautique, lorsque l'on cherche à déterminer si ces équipements respectent une limite de puissance surfacique donnée, par exemple les limites indiquées dans l'Annexe 1, il peut être utile d'établir un gabarit de p.i.r.e. équivalente.

On peut utiliser la limite de puissance surfacique dans le calcul d'un gabarit de p.i.r.e. pour l'hémisphère supérieur. Le gabarit représente la variation de θ en fonction de H, θ étant l'angle au-dessus du plan horizontal local et H l'altitude de l'aéronef. La conversion se fait en deux étapes. Tout d'abord, on convertit θ en un angle équivalent au-dessous de l'horizon du satellite γ. On calcule ensuite la longueur du trajet de propagation pour l'angle au-dessus du plan horizontal, θ, et l'on utilise cette valeur pour calculer l'affaiblissement de dispersion pour le trajet ainsi que la p.i.r.e. résultante.

Etape 1: Calcul de l'angle au-dessous de l'horizon du satellite, γ, en degrés, à partir de θ et H:

$$\gamma = \arccos\left((R_e + H) \times \cos\left(\frac{\theta}{R_e + H_{Sat}} \right) \right)$$

où:

θ: angle au-dessus de l'horizon de la station de sécurité aéronautique

R_e: rayon de la Terre (6 378 km)

H: altitude de l'aéronef (km)

H_{sat}: altitude du satellite du SFS (km)

γ: angle au-dessous de l'horizon du satellite.

Etape 2: Calcul de la valeur de p.i.r.e. à partir de la limite de puissance surfacique définie:

$$d = \left((R_e + H)^2 + (R_e + H_{sat})^2 - 2(R_e + H)(R_e + H_{sat})\cos(\gamma - \theta) \right)^{1/2}$$

$$\text{e.i.r.p.}(\theta, H) = \text{pfd} + 10 \log_{10}(4\,\pi\, d^2) + 60$$

où:

d: distance entre la station du système de sécurité aéronautique et le point considéré sur la surface de la Terre (km)

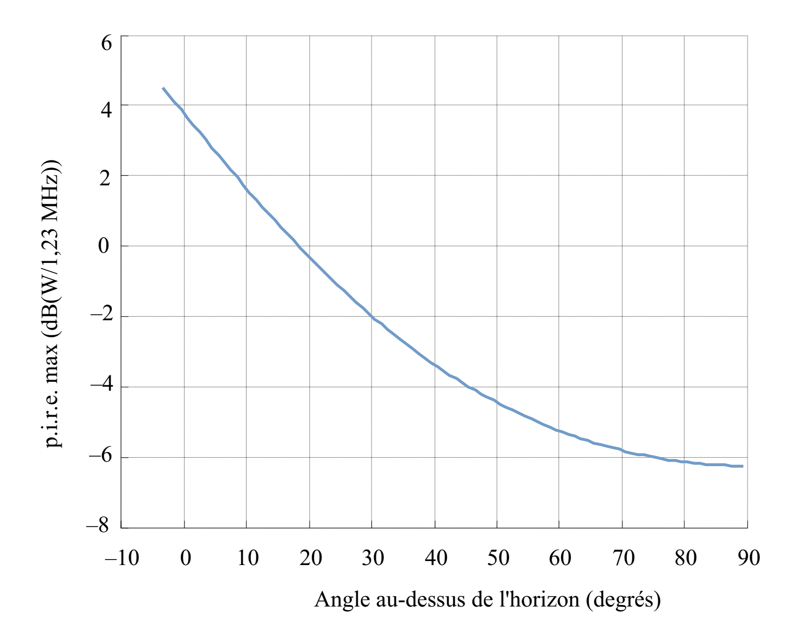
pfd: limite de puissance surfacique (dB(W/(m^2 · MHz)))

e.i.r.p.: (dB(W/MHz)).

Cette fonction est représentée par le graphe de la Fig. 1 pour une altitude d'aéronef de 12 km, et la limite de puissance surfacique définie dans la troisième partie de l'Annexe 1, l'altitude du satellite H_{sat} étant par hypothèse de 1 414 km.

FIGURE 1

p.i.r.e. max en fonction de l'angle au-dessus de l'horizon



RECOMMANDATION UIT-R M.2013

Caractéristiques techniques des systèmes de radionavigation aéronautique non-OACI fonctionnant au voisinage de 1 GHz et critères de protection applicables à ces systèmes

(2012)

Domaine d'application

Cette Recommandation décrit les caractéristiques techniques des systèmes du service de radionavigation aéronautique (SRNA) non normalisés par l'Organisation de l'aviation civile internationale (OACI) fonctionnant au voisinage de 1 GHz et les critères de protection applicables à ces systèmes, à utiliser pour les études de compatibilité. Sont concernés les systèmes du SRNA non-OACI fonctionnant dans les pays visés au numéro 5.312 du RR et les systèmes TACAN.

L'Assemblée des radiocommunications de l'UIT,

considérant

a) que le système de navigation aérienne tactique (TACAN, *tactical air navigation*) est un système de radionavigation aéronautique utilisé à l'échelle nationale qui fonctionne dans la bande 960-1 215 MHz;

b) que le système TACAN est utilisé à la fois par des aéronefs civils et par des aéronefs d'Etat;

c) que, lorsqu'il est utilisé par l'aviation civile, le système TACAN est équivalent sur le plan fonctionnel au système de mesure de distance (DME, *distance measuring equipment*) normalisé par l'OACI;

d) qu'en plus des fonctionnalités offertes par le système DME, le système TACAN permet d'obtenir des informations sur le relèvement;

e) que, du fait de cette fonctionnalité supplémentaire, certaines caractéristiques techniques diffèrent de celles du système DME et il se peut qu'un examen complémentaire soit nécessaire pour les futures études de compatibilité;

f) que le système TACAN est également utilisé pour des applications à bord de navires ou air-air,

notant

a) que, conformément à la Résolution 417 (CMR-07), la priorité doit être accordée au SRNA exploité dans la bande 960-1 164 MHz;

b) que, d'après des études de l'UIT-R, la mise en œuvre du service mobile aéronautique (le long des routes) (SMA(R)) dans la bande 960-1 164 MHz nécessite de réaliser des études de compatibilité propres au site plus détaillées entre le système TACAN et les systèmes du SMA(R),

recommande

d'utiliser les caractéristiques et les critères de protection présentés dans les Annexes pour les études de compatibilité.

Annexe 1

Système de navigation aérienne tactique

Le système TACAN est un système de radionavigation aéronautique utilisé à l'échelle nationale qui fonctionne entre 960 et 1 215 MHz. Il est constitué d'un interrogateur installé à bord d'un aéronef et d'une balise qui donne les réponses. Dans la plupart des cas, les balises TACAN sont des installations fixes au sol mais des balises mobiles maritimes et des balises mobiles aéronautiques sont également utilisées. Suivant la p.i.r.e. produite et la conception de l'interrogateur, des distances obliques allant jusqu'à 400 milles nautiques (740 km) sont possibles mais, dans la pratique, la distance est limitée au trajet radioélectrique maximal en visibilité directe. L'unité à bord de l'aéronef émet des paires d'impulsions régulières, appelées impulsions d'interrogation, qui sont reçues par des installations au sol (balises). Les impulsions TACAN ont une largeur de 3,5 µs à mi-amplitude. Dans une paire d'impulsions d'interrogation, les impulsions sont espacées de 12 µs (canal X) ou de 36 µs (canal Y). Après avoir reçu une paire d'impulsions d'interrogation, une station au sol détermine la forme et l'espacement des impulsions. Si ces paramètres respectent les limites d'acceptation, la station au sol émet une réponse après une durée fixée avec un décalage de fréquence de ±63 MHz par rapport à la fréquence d'interrogation suivant le canal choisi pour le code d'impulsion. La balise applique un espacement entre les impulsions de réponse de 12 µs (canal X) ou de 30 µs (canal Y). Après avoir reçu la réponse, l'interrogateur calcule la valeur instantanée de la distance oblique qui le sépare de la balise en utilisant la durée écoulée entre l'émission de la paire d'impulsions d'interrogation et la réception de la paire d'impulsion de réponse.

La balise reçoit des interrogations en provenance de nombreux aéronefs et envoie donc de nombreuses réponses. Chaque interrogateur crée un motif unique en faisant varier, dans certaines limites, la durée entre les paires d'impulsions pour éviter de produire des réponses synchroniques. Grâce à ce principe, chaque plate-forme est capable de reconnaître parmi toutes les paires d'impulsions les réponses aux impulsions générées par son propre interrogateur.

Pour l'identification, une balise TACAN émet un code d'identification Morse. La tonalité d'identification est utilisée par les interrogateurs aéroportés pour vérifier si les indications de distance sont fournies par la bonne balise. Outre les impulsions de réponse, la réception correcte de la tonalité d'identification est également un élément important pour le bon fonctionnement des interrogateurs TACAN.

Le système TACAN permet non seulement de mesurer des distances mais aussi de fournir des informations sur le relèvement en azimut. Pour fournir ces informations, les impulsions émises par la balise au sol sont modulées en amplitude, à l'aide d'une antenne à balayage mécanique ou électronique. La variation, dans le diagramme en azimut, de la forme des lobes d'antenne à 15 Hz et 135 Hz pour l'indice de modulation maximal admissible de 55% réduit le niveau du signal des impulsions de réponse d'une valeur pouvant aller jusqu'à 10,7 dB au-dessous du niveau maximal de p.i.r.e. des impulsions non modulées en amplitude. Pour que l'interrogateur puisse décoder l'orientation du diagramme d'antenne par rapport au nord à partir des signaux modulés en amplitude, 900 autres paires d'impulsions, constituées d'un groupe d'impulsions de référence pour le nord et de groupes supplémentaires d'impulsions de référence fines, sont émises par la balise. Pour pouvoir obtenir des informations précises sur le relèvement et pouvoir répondre à au moins 100 aéronefs avec une efficacité des réponses de 70%, il faut émettre un nombre constant d'au moins 3 600 paires d'impulsions.

Le système TACAN est utilisé pour la navigation aéronautique à la fois pour les aéronefs d'Etat et pour l'aviation civile. Lorsqu'il est utilisé par l'aviation civile, le système TACAN est équivalent sur le plan fonctionnel au système DME normalisé par l'OACI. Les caractéristiques du système TACAN sont données dans le Tableau 1.

TABLEAU 1

Caractéristiques types des stations TACAN

Elément	Unité	Systèmes de radiocommunication pour la navigation aérienne (960-1 215 MHz)				
Sens des transmissions radio		Terre-aéronef	Aéronef-Terre	Terre-aéronef maritime	Aéronef-Terre maritime	Aéronef–aéronef
Plage de fréquences de fonctionnement	(MHz)	962-1 213	1 025-1 150	962-977	1 025-1 088	1 025-1 151
Distance de fonctionnement (trajets radioélectriques en visibilité directe uniquement)	(km)	Jusqu'à 600	Jusqu'à 600	Jusqu'à 600	Jusqu'à 600	Jusqu'à 740
Informations transmises		Signaux de réponse de distance et de relèvement, Informations d'identification	Signal de demande de distance et de relèvement	Signaux de réponse de distance et de relèvement, Identification	Signal de demande de distance et de relèvement	Signaux de réponse de distance et de relèvement, Identification
Caractéristiques de l'émetteur						
Nom de la station		Balise	Interrogateur	Balise	Interrogateur	Balise
Altitude au-dessus du sol	(m)	3 (10 pieds)	Jusqu'à 18 288 (60 000 pieds)	3 (10 pieds)	Jusqu'à 18 288 (60 000 pieds)	Jusqu'à 18 288 (60 000 pieds)
Type de signal		Par impulsions	Par impulsions	Par impulsions	Par impulsions	Par impulsions
Espacement des canaux	(MHz)	1	1	1	1	1
Type de modulation		Forme d'impulsion et espacement des paires d'impulsions	Forme d'impulsion et espacement des paires d'impulsions	Forme d'impulsion et espacement des paires d'impulsions	Forme d'impulsion et espacement des paires d'impulsions	Forme d'impulsion et espacement des paires d'impulsions
Puissance de l'émetteur (d'impulsions)	(dBW)	39 (max)	33 (max)	39 (max)	33 (max)	33 (max)

TABLEAU 1 (*fin*)

Elément	Unité	Systèmes de radiocommunication pour la navigation aérienne (960-1 215 MHz)				
Longueur de l'impulsion	(µs)	3,5 ± 0,5 (mi-amplitude)	3,5 ± 0,5 (mi-amplitude)	3,5 ± 0,5 (mi-amplitude)	3,5 ± 0,5 (mi-amplitude)	3,5 ± 0,5 (mi-amplitude)
Facteur d'utilisation type	(%)	2,52	0,105	2,52	0,105	0,735
Type d'antenne		Antenne-réseau circulaire	Equidirective	Antenne-réseau circulaire	Equidirective	Antenne-réseau circulaire
Gain d'antenne type	dBi	6	0	6	0	6
Caractéristiques du récepteur						
Station de réception		Station d'aéronef	Station au sol d'aéroport ou en route	Stations d'aéronef	Station en mer	Station d'aéronef
Plage de fréquences de fonctionnement	(MHz)	962-1 213	1 025-1 150	962-977	1 025-1 088	1 025-1 151
Altitude au-dessus du sol	(m)	Jusqu'à 20 880 (60 000 pieds)	3 (10 pieds)	Jusqu'à 20 880 (60 000 pieds)	3 (10 pieds)	Jusqu'à 20 880 (60 000 pieds)
Largeur de bande à 3 dB du récepteur	(MHz)	2	2-4,5	2	2-4,5	2-4,5
Gain d'antenne max/min	(dBi)	5,4/0	9,1/4,1	5,4/0	9,1/4,1	5,4/0
Polarisation		Verticale	Verticale	Verticale	Verticale	Verticale
Sensibilité du récepteur	(dBW)	−122	−122	−122	−122	−122
Niveau de brouillage maximal acceptable compte tenu de la puissance reçue	(dBW)	−129	−130	−129	−130	−129

NOTE – Les rapports de protection indiqués dans le Tableau 1 ont été obtenus pour des signaux autres que des impulsions. Dans le cas d'impulsions, des études complémentaires sont nécessaires. A cet égard, les signaux dont la longueur de l'impulsion est supérieure à 50 µs sont considérés comme des signaux continus et non comme des impulsions.

NOTE – Le gain d'antenne d'aéronef provient de la Recommandation UIT-R M.1642-1.

NOTE – Des mesures réalisées sur certains dispositifs TACAN ont montré que la sensibilité pour les mesures de distance et celle pour les mesures d'angle ne différaient que de 3 dB pour le récepteur de l'interrogateur TACAN (−90 dBm pour les mesures de distance et −87 dBm pour les mesures d'angle).

Les équipements TACAN installés, à la fois des stations au sol (balises) et des stations d'aéronef (interrogateurs), sont nombreux dans diverses administrations. Les caractéristiques techniques réelles des divers types d'équipement varient. Un facteur important, qui détermine l'effet des brouillages, est la courbe de sélectivité du récepteur. La Figure 1 représente les courbes de sélectivité du récepteur pour cinq types d'interrogateur TACAN. On constate que la sélectivité est très variable selon le type considéré. Dans les études de compatibilité, il convient de tenir compte de tous les types d'interrogateur TACAN afin de garantir une protection satisfaisante de cette application du service de radionavigation aéronautique (SRNA), y compris la fonctionnalité de détermination de la distance et de l'azimut.

La Figure 2 représente la courbe de sélectivité du récepteur d'une balise TACAN type. Cette sélectivité est pire que celle du récepteur des interrogateurs TACAN.

FIGURE 1

Courbes de sélectivité RF du récepteur de stations aéroportées (interrogateurs)

Sélectivité du récepteur d'interrogateurs TACAN (à titre indicatif)

Réjection relative (dB)

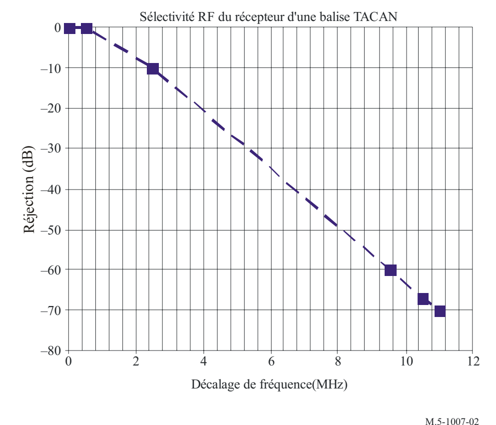
Décalage de fréquence (MHz)

Interrogateur TACAN de type 1
Interrogateur TACAN de type 2
Interrogateur TACAN de type 3
Interrogateur TACAN de type 4
Interrogateur TACAN de type 5

M.5-1007-01

FIGURE 2

Courbe de sélectivité RF du récepteur d'une station au sol (balise)



Annexe 2

Systèmes de radionavigation aéronautique non-OACI fonctionnant dans les pays visés au numéro 5.312 du RR

Les systèmes de radionavigation aéronautique exploités par les pays visés au numéro 5.312 du RR appartiennent à l'un des trois types suivants:

– Type 1: les systèmes du SRNA du premier type sont des systèmes de radiogoniométrie et de télémétrie. Ils sont conçus pour la détermination d'un azimut et d'une distance oblique depuis un aéronef ainsi que pour la surveillance d'une zone et la navigation entre aéronefs. Ils sont constitués de stations aéroportées et de stations au sol. Les stations aéroportées génèrent des signaux de demande émis via des antennes équidirectives et reçus par des stations au sol du SRNA qui fonctionnent également en mode équidirectif. Les stations au sol génèrent et émettent des signaux de réponse contenant des informations d'azimut/de télémétrie. Ces signaux sont reçus et décodés par les stations aéroportées du SRNA. Les stations du premier type émettent les signaux demandant les données d'azimut/de télémétrie en dehors de la bande 960-1 164 MHz. Après avoir reçu un signal de demande, les stations au sol du SRNA utilisent la bande 960-1 164 MHz uniquement pour émettre les données de télémétrie à destination des stations aéroportées du SRNA. Les systèmes du SRNA du premier type utilisent donc la bande 960-1 164 MHz uniquement pour émettre les signaux dans le sens surface-air. La distance maximale de fonctionnement pour les systèmes du SRNA du premier type est de 400 km. Dans certains des pays visés au numéro 5.312 du RR, il est possible que l'utilisation de ces systèmes du SRNA de type 1 soit abandonnée.

– Type 2: les systèmes de radiogoniométrie et de télémétrie du SRNA du deuxième type sont conçus pour les mêmes missions que les systèmes du SRNA du premier type. La principale différence est que, pour les stations du deuxième type, les signaux de demande sont émis par les stations aéroportées dans la même bande de fréquences que les signaux de réponse émis par les stations au sol. De plus, les stations au sol du SRNA du deuxième type peuvent fonctionner à la fois en mode directif et en mode équidirectif. Le mode directif permet de

disposer d'un nombre accru de canaux opérationnels au niveau des stations du SRNA. La distance maximale de fonctionnement pour les systèmes du SRNA du premier type est de 400 km. Il est prévu d'utiliser la totalité de la bande 960-1 164 MHz attribuée au SRNA afin d'augmenter la souplesse de fonctionnement des systèmes du SRNA du deuxième type. L'utilisation d'un filtre de syntonisation à bande étendue dans l'étage d'entrée des récepteurs du SRNA, qui constitue la particularité de conception des systèmes du SRNA du deuxième type, tient à la nécessité de recevoir les signaux sur plusieurs canaux simultanément. La largeur de bande à 3 dB de ce filtre est de 22 MHz et elle permet de recevoir simultanément jusqu'à 5 canaux parmi 30 canaux de 4,3 MHz chacun qui se chevauchent. L'utilisation simultanée du filtre à bande étendue et d'un corrélateur permet d'accroître la précision de la mesure des données de position de l'aéronef et d'augmenter le rapport C/N dans l'étage d'entrée du récepteur. Les systèmes du SRNA de type 2 peuvent fonctionner dans un nombre limité de pays visés au numéro 5.312 du RR.

– Type 3: les systèmes du SRNA du troisième type sont conçus pour fonctionner lors des phases d'approche et d'atterrissage des vols. Ils assurent des fonctions de contrôle du cap, de la distance et de l'alignement de descente lors de l'approche et de l'atterrissage des aéronefs. Les stations au sol du SRNA du troisième type fonctionnent à la fois en mode directif et en mode équidirectif. La distance de fonctionnement des systèmes du SRNA du troisième type ne dépasse pas 60 km. La bande 960-1 164 MHz est utilisée pour les canaux destinés au contrôle de l'alignement de descente et de la distance entre une station du SRNA aéroportée et une station du SRNA au sol. Les systèmes du SRNA du type 3 peuvent fonctionner dans un nombre limité de pays visés au numéro 5.312 du RR.

Le Tableau 2 ci-dessous contient une brève description technique des stations du SRNA.

Les stations des systèmes non-OACI fonctionnent à l'aide des liaisons air-surface et surface-air reliant les récepteurs et les émetteurs au sol ou aéroportés.

TABLEAU 2

Caractéristiques types des stations du SRNA fonctionnant dans les pays visés au numéro 5.312 du RR

Caractéristi-ques des systèmes du SRNA	**Type 1**	**Type 2**		**Type 3**	
Elément	**Systèmes radioélectri-ques pour la navigation à courte distance**	**Systèmes radioélectriques pour la navigation à courte distance**		**Systèmes radioélectriques pour l'approche et l'atterrissage**	
Plage de fréquences de fonctionnement	960-1 000,5	960-1 164			
Sens de la liaison radioélectrique (MHz)	Terre-aéronef	Terre-aéronef	Aéronef-Terre	Terre-aéronef	Aéronef-Terre
Distance de fonctionnement (km)	Jusqu'à 400	Jusqu'à 400	Jusqu'à 400	Jusqu'à 45	Jusqu'à 45
Informations transmises	Transmission des signaux d'azimut, des signaux de réponse de distance et d'une demande d'indication	Transmission des signaux d'azimut, des signaux de réponse de distance et d'une demande d'indication	Transmission du signal de demande de distance et du signal de réponse d'indication	Transmission de signaux dans les canaux d'alignement de descente et d'alignement de piste et de signaux de réponse de distance	Transmission d'une demande de distance
Nom de la station	Stations au sol d'aéroport ou sur le trajet en route	Stations au sol d'aéroport ou sur le trajet en route	Station d'aéronef	Station au sol d'aéroport	Station d'aéronef
Classe d'émission	700KPXX	4M30P1N	4M30P1D	700KP0X; 4M30P1N	700KP0X; 4M30P1N
Espacement des canaux (MHz)	0,7	0,7	0,7	0,7	2
Type de modulation	Par impulsions	Par impulsions	Par impulsions	Par impulsions	Par impulsions
Puissance de l'émetteur (d'impulsions) (dBW)	20-45	29-39	27-33	3-30	5-33
Facteur d'utilisation (%)	0,018; 0,066	0,064 - 0,3	0,00765	0,04; 0,025	0,009
Puissance de sortie moyenne (min/max) (dBW)	7,6/13,2	7,1/13,8	−8,2	−4/−6	−7,5

TABLEAU 2 (*fin*)

Caractéristi-ques des systèmes du SRNA	**Type 1**	**Type 2**		**Type 3**	
Elément	**Systèmes radioélectri-ques pour la navigation à courte distance**	**Systèmes radioélectriques pour la navigation à courte distance**		**Systèmes radioélectriques pour l'approche et l'atterrissage**	
Longueur de l'impulsion (µs)	1,5; 5,5	1,25; 1,5; 5,5	1,5	1,7	1,7
Type d'antenne	Equidirective	Antenne-réseau	Equidirective	Antenne-réseau	Equidirective
Gain d'antenne max/min (dBi)	6/0	15,6	3/−10	10/0	1,5/−3
Altitude au-dessus du sol (m)	10	10	Jusqu'à 12 000	10	Jusqu'à 12 000
Station de réception	Station d'aéronef	Station d'aéronef	Stations au sol d'aéroport ou sur le trajet en route	Station d'aéronef	Station au sol d'aéroport
Altitude au-dessus du sol (m)	Jusqu'à 12 000	Jusqu'à 12 000	10	Jusqu'à 12 000	10
Largeur de bande à 3 dB du récepteur (MHz)	1,5	22	22	7	7
Température de bruit du récepteur, K (K)	400	1 060	550	400	400
Gain d'antenne max/min (dBi)	1,5/−3	3/−10	14	1,5/−3	10/0
Polarisation	Horizontale	Horizontale	Horizontale	Horizontale	Horizontale
Sensibilité du récepteur (dBW)	−120	−118	−125	−110…−120	−113
Rapport de protection *C*/*I* (dB)	25	17	20	25	25

NOTE – Les rapports de protection indiqués dans le Tableau 2 ont été obtenus pour des signaux autres que des impulsions. Dans le cas d'impulsions, des études complémentaires sont nécessaires. A cet égard, les signaux dont la longueur de l'impulsion est supérieure à 50 µs sont considérés comme des signaux continus et non comme des impulsions.

Liste de références croisées énumérant les dispositions réglementaires, y compris les renvois et notes de bas de page ainsi que les Résolutions, qui incorporent des Recommandations UIT-R par référence

Recommandation UIT-R	Titre de la Recommandation	Dispositions et renvois du RR où sont mentionnées des Recommandations UIT-R figurant dans le Volume 4 du RR
TF.460-6	Emissions de fréquences étalon et de signaux horaires	Numéro **1.14**
M.476-5	Equipements télégraphiques à impression directe dans le service mobile maritime	Numéros **19.83**, **19.96A**, **51.41**
M.489-2	Caractéristiques techniques des appareils radiotéléphoniques utilisés par le service mobile maritime fonctionnant en ondes métriques avec un espacement de 25 kHz entre voies adjacentes	Numéros **51.77**, **52.231**, Appendice **18** (*Remarques générales e)*)
M.492-6	Procédures d'exploitation des équipements télégraphiques à impression directe dans le service mobile maritime	Numéro **56.2**
P.525-2	Calcul de la propagation en espace libre	Numéro **5.444B** (Résolution **748 (Rév.CMR-12)**)
P.526-11	Propagation par diffraction	Numéro **5.444B** (via Résolution **748 (Rév.CMR-12)**)
M.541-9	Procédures d'exploitation des systèmes d'appel sélectif numérique à l'usage du service mobile maritime	Numéros **51.35**, **52.112**, **52.149**, **52.153**, **54.2**
M.585-6 (Annexe 1)	Assignations et utilisation des identités dans le service mobile maritime	Numéros **19.99**, **19.102**, **19.111**
M.625-3	Equipements télégraphiques à impression directe utilisant l'identification automatique dans le service mobile maritime	Numéros **19.83**, **51.41**
M.633-4	Caractéristiques de transmission d'un système de radiobalises de localisation des sinistres par satellite (RLS par satellite) fonctionnant par l'intermédiaire d'un système à satellites dans la bande des 406 MHz	Numéro **34.1**
S.672-4	Diagramme de rayonnement à utiliser comme objectif de conception pour les antennes de satellite dans le service fixe par satellite employant des satellites géostationnaires	TABLEAU **22-2** (et numéro **22.5D.3**), TABLEAU **22-3** (et numéro **22.5F.3**)
M.690-1	Caractéristiques techniques des radiobalises de localisation des sinistres (RLS) fonctionnant sur les fréquences porteuses 121,5 MHz et 243 MHz	Appendice **15** (Tableau 15-2)
P.838-3	Modèle d'affaiblissement linéique dû à la pluie destiné aux méthodes de prévision	Appendice **30A** (Annexe 3 § 2.2 Phase 6)
M.1084-4	Solutions intérimaires pour améliorer l'efficacité d'utilisation de la bande 156-174 MHz par les stations du service mobile maritime	Appendice **18** (NOTE B) (avant le tableau)
SM.1138-2	Détermination des largeurs de bande nécessaires, exemples de calcul de la largeur de bande nécessaire et exemples connexes de désignation des émissions	Appendice **1** (§ 1 et § 2)

Recommandation UIT-R	Titre de la Recommandation	Dispositions et renvois du RR où sont mentionnées des Recommandations UIT-R figurant dans le Volume 4 du RR
SA.1154	Dispositions propres à assurer la protection des services de recherche spatiale (SRS), d'exploitation spatiale (SES) et d'exploration de la Terre par satellite (SETS) et à faciliter le partage avec le service mobile dans les bandes 2 025-2 110 MHz et 2 200-2 290 MHz	Numéro **5.391**
M.1171	Procédures radiotéléphoniques dans le service mobile maritime	Numéros **52.192**, **52.195**, **52.213**, **52.224**, **52.234**, **52.240**, **57.1**
M.1172	Abréviations et signaux divers à employer dans les radiocommunications du service mobile maritime	Numéro **19.48**
M.1173	Caractéristiques techniques des émetteurs à bande latérale unique utilisés dans le service mobile maritime pour la radiotéléphonie dans les bandes comprises entre 1 606,5 kHz (1 605 kHz Région 2) et 4 000 kHz et entre 4 000 kHz et 27 500 kHz	Numéros **52.181**, **52.229**, Appendice **17** (Annexe 1, Partie B, Section I, § 2 et § 6)
M.1174-2	Caractéristiques techniques des appareils utilisés sur les navires pour les communications de bord dans les bandes comprises entre 450 et 470 MHz	Numéros **5.287**, **5.288**
M.1187-1	Méthode de calcul de la région pouvant être affectée dans le cas d'un réseau du service mobile par satellite utilisant des orbites circulaires dans la bande 1-3 GHz	Appendice **4** (Annexe 2, point C.11.b)
S.1256	Méthodologie permettant de calculer le niveau total maximal de la puissance surfacique produite sur l'orbite des satellites géostationnaires dans la bande 6 700-7 075 MHz par les liaisons de connexion dans le sens espace-terre des systèmes à satellites non géostationnaires du service mobile par satellite	Numéro **22.5A**
RS.1260-1	Possibilité de partage de fréquences entre les capteurs spatiaux actifs et les systèmes d'autres services fonctionnant entre 420 et 470 MHz	Numéro **5.279A**
BO.1293-2	Gabarits de protection et méthodes de calcul associées pour les brouillages causés aux systèmes de radiodiffusion par satellite dans le cas d'émissions numériques	Appendice **30A** (Annexe 3, § 3.3), Appendice **30** (Annexe 5, § 3.4)
S.1340	Partage entre les liaisons de connexion (Terre-espace) du service mobile par satellite et le service de radionavigation aéronautique dans la bande 15,4-15,7 GHz	Numéro **5.511C**
S.1341	Partage entre les liaisons de connexion (espace-Terre) du service mobile par satellite et le service de radionavigation aéronautique dans la bande 15,4-15,7 GHz et protection du service de radioastronomie dans la bande 15,35-15,4 GHz	Numéro **5.511A**
S.1428-1	Diagrammes de rayonnement de référence de station terrienne du SFS, à utiliser pour l'évaluation des brouillages faisant intervenir des satellites non OSG dans des bandes de fréquences comprises entre 10,7 GHz et 30 GHz	TABLEAU **22-1A**, TABLEAU **22-1B**, TABLEAU **22-1C** (et numéro **22.5C.6**)

Recommandation UIT-R	Titre de la Recommandation	Dispositions et renvois du RR où sont mentionnées des Recommandations UIT-R figurant dans le Volume 4 du RR
BO.1443-2	Diagrammes de référence des antennes de stations terriennes du service de radiodiffusion par satellite à utiliser pour l'évaluation des brouillages faisant intervenir des satellites non géostationnaires dans les bandes de fréquences visées à l'Appendice 30 du RR	TABLEAU **22-1D** (et numéro **22.5C.11**)
M.1583-1	Calcul des brouillages produits par un système à satellites non géostationnaire du service mobile par satellite ou du service de radionavigation par satellite au niveau des sites de radioastronomie	Numéro **5.443B** (Résolution **741 (Rév.CMR-12)**), App. **4** Annexe 2 (point A.17.b.3) (Résolution **741 (Rév.CMR-12)**)
S.1586-1	Calcul des niveaux de rayonnements non désirés produits par un système à satellites non géostationnaires du service fixe par satellite au niveau des sites de radioastronomie	Numéro **5.551H**
F.1613	Caractéristiques opérationnelles et de déploiement des systèmes d'accès hertzien fixe du service fixe dans la Région 3 pour assurer la protection des systèmes du service d'exploration de la Terre par satellite (active) et du service de recherche spatiale (active) dans la bande 5 250-5 350 MHz	Numéro **5.447**[E]
RA.1631	Diagramme de rayonnement de référence d'antenne de station de radioastronomie à utiliser pour des analyses de compatibilité entre systèmes non OSG et stations du service de radioastronomie effectuées sur la base du concept de puissance epfd	Numéro **5.208B** (Résolution **739 (Rév.CMR-07)**), numéro **5.443B** (Résolution **741 (Rév.CMR-12)**), numéro **5.551H**, App. **4** Annexe 2 (point A.17.b.3) (Résolution **741 (Rév.CMR-12)**)
RS.1632	Partage dans la bande 5 250-5 350 MHz entre le service d'exploration de la Terre par satellite (active) et les systèmes d'accès hertzien (y compris les réseaux locaux radioélectriques) dans le service mobile	Numéro **5.447F**
M.1638	Caractéristiques et critères de protection applicables aux études de partage des radars de radiolocalisation, de radionavigation aéronautique et de météorologie fonctionnant dans les bandes de fréquences comprises entre 5 250 et 5 850 MHz	Numéros **5.447F**, **5.450A**
M.1642-2	Méthode d'évaluation de la puissance surfacique équivalente cumulative maximale produite au niveau d'une station du service de radionavigation aéronautique par tous les systèmes du service de radionavigation par satellite exploités dans la bande 1 164-1 215 MHz	Numéro **5.328A** (Résolution **609 (Rév.CMR-07)**)
M.1643	Spécifications techniques et opérationnelles des stations terriennes d'aéronef du service mobile aéronautique par satellite y compris celles utilisant des répéteurs des réseaux du service fixe par satellite dans la bande 14-14,5 GHz (Terre vers espace)	Numéro **5.504B** (renvoie à l'Annexe 1, Partie C de la Rec. UIT-R M.1643), numéros **5.504C**, **5.508A** et **5.509A** (renvoie à l'Annexe 1, Partie B de la Rec. UIT-R M.1643)
M.1652-1 (Annexe 1)	Utilisation de la sélection dynamique des fréquences (DFS) dans les systèmes d'accès hertzien, y compris les réseaux locaux hertziens, aux fins de protection du service de radiorepérage dans la bande des 5 GHz	Numéro **5.446A** (Résolution **229 (Rév.CMR-12)**)

Recommandation UIT-R	Titre de la Recommandation	Dispositions et renvois du RR où sont mentionnées des Recommandations UIT-R figurant dans le Volume 4 du RR
M.1827	Prescriptions techniques et opérationnelles applicables aux stations du service mobile aéronautique (R) (SMA(R)) limité aux applications de surface dans les aéroports et aux stations du service mobile aéronautique (SMA) limité aux applications de sécurité aéronautique dans la bande 5 091-5 150 MHz	Numéro **5.444B** (Résolution **748 (Rév.CMR-12)**)
M.2013	Caractéristiques techniques des systèmes de radionavigation aéronautique non OACI fonctionnant au voisinage de 1 GHz et critères de protection applicables à ces systèmes	Numéro **5.327A** (Résolution **417 (Rév.CMR-12)**)

____

Règlement des radiocommunications

Recommandations UIT-R incorporées par référence

Edition de 2012

